31-03-2014

Monitoringprogramma 2014 t/m 2019 in het kader van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen

INLEIDING

1.1 Monitoringplan en -programma

In het kader van de gaswinning vanaf de locaties Moddergat, Lauwersoog en Vierhuizen zijn vergunningen verleend op grond van de Natuurbeschermingswet (Nbwet) . In deze vergunningen is een monitoringplan opgenomen (zie bijlage 1). Dit monitoringplan is de basis voor het monitoringprogramma. Op 23 februari 2007 heeft de toenmalige minister van LNV het monitoringprogramma 2007-2012 goedgekeurd. Dit programma geldt voor een periode van 6 jaar. De monitoring over de jaren 2007-2012 is geëvalueerd in 2013. De Auditcommissie m.e.r. heeft de evaluatie beoordeeld en hierover op 5 maart 2014 een advies uitgebracht onder nummer 2796-83. Dit advies en de resultaten hiervan zijn verwerkt in het voorliggende monitoringprogramma 2014-2019. Het monitoringprogramma 2014-2019 past binnen het monitoringpplan 2007 en zal ter instemming worden voorgelegd aan het bevoegd gezag.

1.2 Gaswinning en bodemdaling

De gaswinning vanaf de locaties Moddergat (MGT), Lauwersoog (LWO) en Vierhuizen (VHN) kan effecten hebben op de Natura 2000 gebieden Waddenzee en Lauwersmeer. Omdat er geen installaties met betrekking tot opsporing of winning van aardgas in deze gebieden aanwezig zijn heeft de betreffende gaswinning alleen invloed op deze gebieden via bodemdaling.

Door sedimentuitwisseling tussen de Noordzeekustzone en de Waddenzee kunnen wadplaten ontstaan en groeien. Deze sedimentatiecapaciteit resulteert in een meegroeivermogen met de bodemdaling en relatieve zeespiegelstijging. Daling van wadplaten als gevolg van bodemdaling door gaswinning wordt dan ook niet verwacht. Vanuit de zorg dat wadplaten onder invloed van bodemdaling toch zouden kunnen krimpen vindt de gaswinning plaats volgens het ‘Hand aan de kraan’ principe. Daarbij wordt gestuurd op de abiotische parameter bodemdalingsnelheid. Bodemdaling in de diepe ondergrond kan leiden tot daling van het aardoppervlak met een snelheid van maximaal enkele mm’s per jaar in de komberginggebieden Pinkegat en Zoutkamperlaag. De bodemdalingssnelheid door gaswinning wordt bepaald op basis van een meet- en regelcyclus als opgenomen in het door de minister van Economische Zaken goedgekeurde Winningsplan MGT/LWO/VHN. Daarnaast vindt er een uitgebreide monitoring plaats van biotische en a-biotische parameters in de Waddenzee en het Lauwersmeergebied op basis van een door de toenmalige minister van LNV goedgekeurd monitoringprogramma 2007-2012. Deze monitoring moet er op gericht zijn te controleren of gaswinning vanaf de bovengenoemde locaties geen meetbaar nadelig effect heeft op de instandhoudingsdoelstellingen zoals beschreven in de Nota’s van toelichting op de aanwijzingsbesluiten voor de speciale beschermingzones Waddenzee (VHR-gebied) en Lauwersmeer (VR gebied). Deze instandhoudingsdoelen betreft een aantal habitattypen en doelsoorten, voornamelijk vogels.

In het monitoringprogramma worden 3 deelgebieden onderscheiden. Dit zijn de wadplaten, kwelder en het Lauwersmeergebied. Voor deze deelgebieden worden de relevante parameters gemonitoord. Deze worden in het voorliggende monitoringprogramma gepresenteerd.

1.3 Effectketenbenadering

Als bodemdaling door gaswinning invloed heeft op de natuur dan zijn veranderingen in het ecosysteem meetbaar. De eerste veranderingen treden op in abiotische systeemparameters, zoals bijvoorbeeld de grondwaterstand in het Lauwersmeergebied. Naar mate de invloed van bodemdaling op het abiotische systeem groter wordt, zullen zich ook meer veranderingen in de biotiek voordoen. Zo kunnen plantensoorten die een lagere grondwaterstand prefereren plaats maken voor soorten die beter bij een hogere grondwaterstand gedijen. Deze aaneenschakeling van effecten in het ecosysteem noemen we de effectketen. Het doel van de effectketenbenadering is om de doorwerking van bodemdaling in het ecosysteem te kunnen volgen tot aan de instandhoudingsdoelen. Omgekeerd moet voor een nadelig effect op de instandhoudingsdoelen kunnen worden vastgesteld of dit een effect is van bodemdaling door gaswinning of niet. Het is daarom belangrijk dat de effectketens voldoende specifiek zijn.

1.4 Hand Aan de Kraan

Het ‘hand aan de kraan’ (HAK) principe is ontwikkeld om te zorgen dat bodemdaling door gaswinning binnen vooraf vastgestelde grenzen blijft. Deze grenzen zijn de kombergingspecifieke sedimentatiecapaciteiten van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag. De jaarlijkse zeespiegelstijging en bodemdaling door gaswinning mogen samen deze sedimentatiecapaciteit niet overschrijden. De NAM monitoort deze diepe bodemdaling door gaswinning en kan de bodemdalingsnelheid zonodig beperken door de productie uit de velden onder de Waddenzee te reduceren. Wetenschappelijk is aangetoond dat indien de natuurgrens niet wordt overschreden er geen meetbare nadelige effecten door gaswinning in de Waddenzee zijn te verwachten.

Ondanks de conservatief gekozen sedimentatiecapaciteit (natuurgrens) van respectievelijk 5 mm/jaar en 6 mm/jaar voor de kombergingen Zoutkamperlaag en Pinkegat, en de controle hierop via het HAK-principe, is er behoefte aan directe controle op de instandhoudingsdoelstellingen in het gebied dat onder invloed staat van de gaswinning. In het voorliggende monitoringprogramma wordt aangegeven op wat voor manier de ontwikkeling van deze instandhoudingsdoelstellingen gemonitoord wordt. Het hoofddoel van deze ecologische monitoring is aan te tonen dat er geen sprake is van een meetbare nadelige ontwikkeling van deze instandhoudingsdoelen. Wanneer toch uit de monitoring blijkt dat er sprake is van een nadelige ontwikkeling, dan dient aannemelijk te worden gemaakt dat dit niet het effect is van bodemdaling door gaswinning. Wanneer uit de data aannemelijk wordt dat de gaswinning wel de oorzaak is voor de nadelige ontwikkeling in het gebied dan dient hiervoor aan de hand van nader onderzoek een verklaring te worden gezocht en zo nodig met toepassing van het hand aan de kraan pricipe te worden ingegrepen.

1.5 Evaluatie 2007-2012

In de periode 2007 tot en met 2012 is bovenvermeld meet- en monitoringprogramma uitgevoerd. In 2013 heeft een evaluatie hiervan plaatsgevonden. Naast een aantal kleine aanpassingen zijn de hoofdpunten uit de evaluatie van de monitoring 2007-2012 de volgende:

- De jaarlijkse uitvoering van de Meet- en Regelcyclus werkt naar tevredenheid. De bodemdalingsnelheid vanwege de gaswinning blijft binnen de afgesproken gebruiksruimte. Er is geen reden om het systeem ten aanzien van de uitvoering van de Meet- en Regelcyclus aan te passen.
- Voor de monitoring van de wadplaathoogte met LIDAR is er nog discussie over de betrouwbaarheid van de veronderstelde meetnauwkeurigheid. Deze discussie moet op korte termijn beslecht worden. Daarnaast is het voorlopig nodig om parallel aan iedere

LIDAR-survey (§2.2.1) een *ground-truth* campagne door middel van hoogtemetingen ter controle en/of kalibratie uit te voeren.
- Voor de monitoring van de ontwikkeling van de wadplaten dient de bodemdieren data geïntegreerd met de wadplaathoogtemetingen te worden geanalyseerd. Hiervoor is een op voorhand vastgestelde meet- en analyse strategie onontbeerlijk.
- De monitoring voor de kwelder werkt naar tevredenheid, alleen de inpassing van de broedvogels in de effectketen is zwak. Omdat binnen het kader van de Amelandmonitoring de relatie tussen bodemdaling en kwelderbroedvogels nader wordt onderzocht, kan in de onderhavige monitoring het onderzoek naar effecten op broedvogels mogelijk worden beperkt.
- Het monitoringprogramma voor het *Lauwersmeergebied* zal naar het zuidelijke deel van het gebied moeten worden uitgebreid.
- In de effectketen van het Lauwersmeergebied mist de koppeling tussen vegetatie en vogels. Met deze koppeling zal in de toekomst rekening moeten worden gehouden.

1.6 Belangrijkste aanpassingen monitoringprogramma 2014-2019

Op basis van de uitkomsten van de evaluatie 2007-2012, de adviezen van de Auditcommissie m.e.r. en gesprekken/workshops met de betrokken onderzoekers is onderhavig Monitoringprogramma 2014-2019 opgesteld. (In 2013 is het monitoringprogramma 2007-2012 nog onverkort voortgezet).

In dit monitoringprogramma worden drie deelgebieden onderscheiden. Dit zijn de wadplaten in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag, de kwelder Peasemerlannen en het Lauwersmeergebied. De monitoringactiviteiten worden in dit programma per deelgebied gepresenteerd.

De wijzigingen die ten opzichte van het oude monitoringprogramma zijn aangebracht leiden tot meer focus en integratie van gemonitoorde variabelen in relatie tot instandhoudingsdoelen volgens de betrokken Natura 2000 gebieden en tot uitbreiding van het programma. Voor het onderdeel wadplaten werden de gemonitoorde variabelen vogels, bodemdieren en sedimentatie afzonderlijk geanalyseerd in relatie tot referenties in tijd en ruimte. De analysestrategie van het nieuwe monitoringprogramma is om deze variabelen eerst te integreren tot een variabele die zo goed mogelijk de instandhoudingsdoelen representeert en vervolgens diens relatie met bodemdaling te analyseren. Zo wordt de focus op de instandhoudingsdoelen expliciet gemaakt (zie ook bijlage 1). Ten bate van een goede integratie van de montoringgegevens is het wenselijk de aantallen trekvogels beter te schatten. Hiervoor worden de bestaande vogeltelling nabij het Peasemerwad aangevuld.

In het oude monitoringprogramma van het Lauwersmeergebied lag de nadruk op het monitoren van de ontwikkeling van enkele vegetatietypes. De Lauwersmeer is echter een vogelrichtlijngebied met instandhoudingsdoelen voor vogelsoorten en niet voor vegetatietypes of habitattypes. De analysestrategie van het nieuwe monitoringprogramma is daarom gefocust op het analyseren van de variatie in vegetatiestructuren die bepalend zijn voor het habitatareaal van Natura 2000 doelsoorten (zie ook bijlage 2). Omdat de vegetatiemonitoring alleen in het noordelijke deel en de vogeltelling grotendeels in het zuidelijke deel van het gebied plaatsvonden, zijn beide inventarisaties uitgebreid. In het nieuwe programma worden alle metingen verspreid over het gehele gebied en in dezelfde deelgebieden uitgevoerd. Hierdoor wordt koppeling van de gegevens in tijd en ruimte mogelijk.

De monitoring en analysestrategie van de Peasemerlannen verliep naar tevredenheid en wordt daarom onveranderd doorgezet. Het voornaamste punt van aandacht bij de kweldermonitoring is de verandering in het beheer van de kwelder of diens referentiegebied. In het nieuw

monitoringprogramma wordt daarom meer dan één referentiegebied aangehouden. Voor de analysestrategie voor de kweldervegetatie wordt verwezen naar het rapport van Van Duin *et al*. (2013) (ref. 13).

Met het inwerking treden van het nieuwe monitoringprogramma gaan er geen opgebouwde meetreeksen verloren. Alleen voor het Lauwersmeergebied is de tot dusver verzamelde data slechts in beperkte mate (alleen in deelgebieden) geschikt voor het monitoren van de instandhoudingsdoelen.

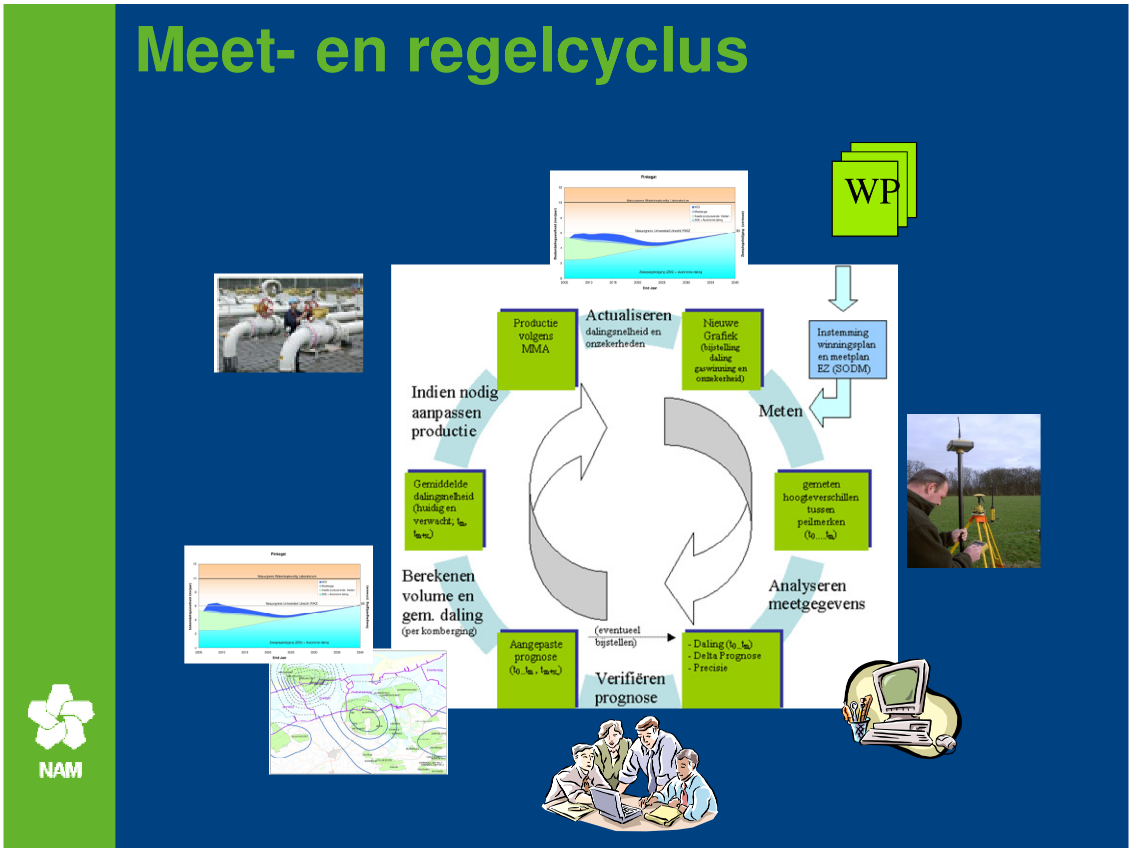
Voor een meer gedetailleerd beeld over de wijze waarop rekening is gehouden met het advies van de auditcommissie d.d. 5 maart 2014, zie bijlage 3.

1.7 Meet- & Regelcyclus

De beschrijving van de Meet – en regelcyclus is opgenomen in het vigerende winningsplan MGT/LWO/VHN. Het doel van het doorlopen van deze jaarlijkse cyclus is om aan te tonen dat de diepe bodemdalingsnelheid in de Waddenzee door gaswinning binnen vooraf bepaalde grenzen blijft (Fig 1). Daarnaast vormt de diepe bodemdaling, die a.d.h.v. de Meet & Regelcyclus in beeld wordt gebracht, de basis van de effectketen. De metingen betreffen:

- Continue metingen m.b.v. 3 permanente GPS-stations (AME, ANJ, MGT)
- Eens per 3 jaar GPS-campagne peilmerkclusters in Waddenzee,
- Eens per 3 jaar GPS peilmerken Lauwersmeer
- Eens per 3 jaar rapportage van waterpassingen en InSAR rond Lauwersmeer
- Eens per 3 jaar waterpassing op Ameland
- Eens per 3 jaar waterpassing op Schiermonnikoog
- Eens per 3 jaar GPS-campagne op de 2 ameland platformen (mogelijk permanente installatie, dus continue meting vanaf 2014)

Het Meet- en Regelprogramma is uitgewerkt in het Meet- en regelprotocol (22-01-2007) en komt in dit monitoring programma niet verder aan bod.



Figuur 1: Weergave van het proces achter de zgn. Meet- en Regelcyclus. In het vergunde winningplan voor de MLV winningen wordt aangegeven dat de aardgasproductie een bodemdalingsnelheid zal veroorzaken die binnen de sedimentatiecapaciteit (gebruiksruimte) voor de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag blijft. Jaarlijks zijn er meet campagnes op basis waarvan de voortgang en de snelheid van de diepe bodemdaling worden vastgesteld. Deze meetgegevens worden geanalyseerd in geomechanische modellen op basis waarvan de diepe bodemdalingkom ruimtelijk wordt berekend, de dalingsnelheid in de diepe ondergrond wordt bepaald en voorspellingen voor de toekomst worden gemaakt. Deze resultaten worden terug gerapporteerd aan het bevoegd gezag en, indien nodig, kan de productiesnelheid worden aangepast. Zo is de cyclus rond.

MONITORINGPROGRAMMA 2014 t/m 2019

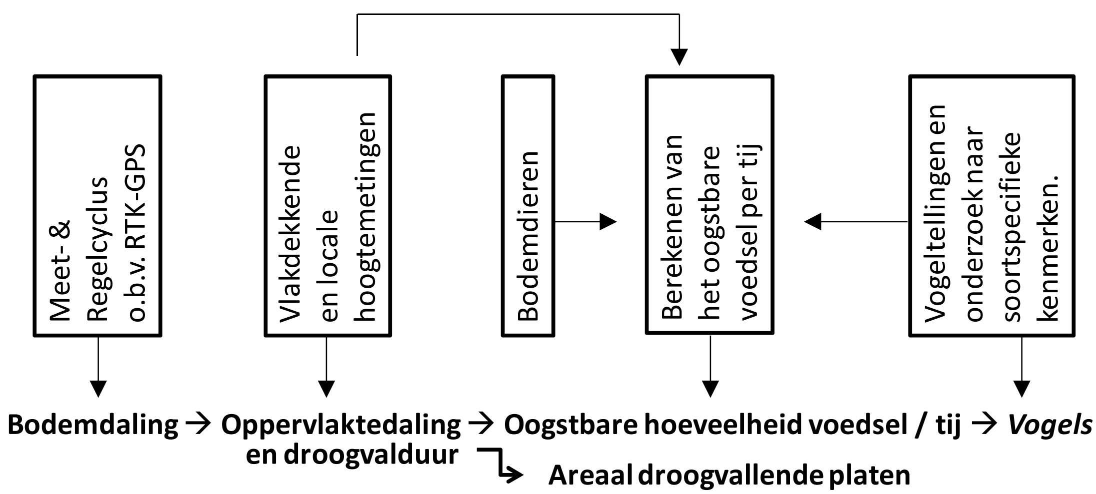
2. WADPLATEN

In de paragraven 2.1. tot en met 2.1.7 wordt de achtergrond en voorgestelde analyse van de wadplaatmonitoring uiteen gezet. Een schematisch overzicht van de analysestrategie voor het monitoringprogramma wadplaten is opgenomen in bijlage 1. De paragraven 2.2 tot en met 2.2.7 gaan in op de afzonderlijke monitoringonderdelen.

2.1. Monitoring Wadplaten

In het onderdeel wadplaten gaat het om het monitoren van twee types instandhoudingsdoelen. Dat zijn het areaal/droogvalduur 'droogvallende slik en zandplaten' en de functie van deze wadplaten als foerageergebied voor een aantal vogelsoorten (Natura 2000 doelsoorten). In het aanwijzingsbesluit Waddenzee spreekt men over de draagkracht van het gebied voor een bepaalde hoeveelheid vogels. Omdat de vogels de wadplaten gebruiken om te foerageren en omdat gaswinning enkel effect op dit foerageren heeft via bodemdaling, is voor deze studie de term draagkracht vertaald naar de parameter 'Oogstbare hoeveelheid voedsel per tij'. Deze parameter is vogelsoort specifiek. Hij is opgebouwd uit de biomassa en kwaliteit van de groep benthossoorten die onderdeel uitmaken van het dieet van de vogelsoort, en de bereikbaarheid van deze biomassa voor de vogels. Het is dus een parameter waarin de voedseldichtheid, de wadplaathoogte en een reeks vogelsoortspecifieke parameters zijn geïntegreerd. Dit is naderuitgewerkt in paragraaf 2.1.4.

De cascade van diepe bodemdaling tot de instandhoudingsdoelstellingen van de Waddenzee wordt de "effectketen" genoemd. De monitoringdoelstellingen van deze effectketen worden in de onderstaande paragraven nader toegelicht (§ 2.1.2). Uitgangspunt bij de keuze van de te monitoren en te onderzoeken parameters is dat ze de effectketen volgen of nodig zijn om veranderingen in de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij van de wadplaten te kwantificeren. Naar aanleiding van de uitgevoerde evaluatie, het advies van de Auditcommissie m.e.r. en betrokken onderzoekers is de effectketen voor de wadplaten weergegeven zoals gepresenteerd in figuur 2.



Figuur 2: Effectketen wadplaten (vet gedrukt) en de daaraan gekoppelde monitoring en onderzoek (in de kaders). De pijlen geven de koppeling tussen de onderdelen weer. Het areaal droogvallende platen is apart weergegeven omdat dit een apart instandhoudingsdoel is. Het andere instandhoudingsdoel wordt bepaald door de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij van het gebied voor een aantal soorten vogels (N2000 doelsoorten).

2.1.2 Monitoringdoelstellingen voor de wadplaten

Doel 1: Stel vast of er sprake is van een nadelige ontwikkeling van het instandhoudingsdoel 'oogstbare hoeveelheid voedsel per tij' voor verschillende Natura 2000 vogelsoorten in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag.

Doel 2: Stel vast of de onder doel 1 genoemde nadelige ontwikkeling veroorzaakt wordt door, of gecorreleerd is aan daling van de wadplaathoogte in het gebied.

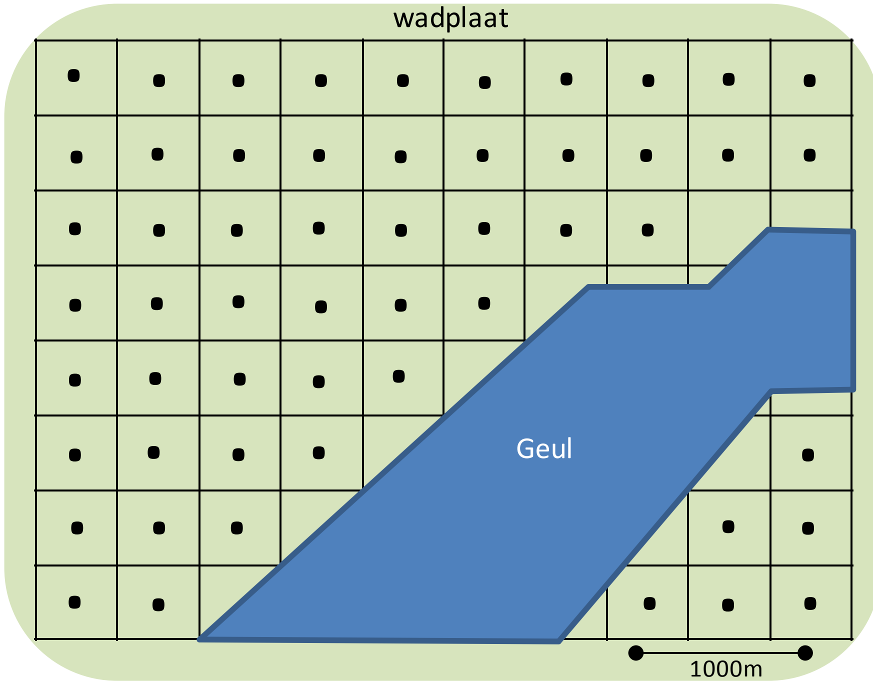
Doel 3: Stel vast of de onder doel 2 genoemde variatie in wadplaathoogte correleert met de mate van diepe bodemdaling. Doe dit door de variatie in wadplaathoogte in Pinkegat en Zoutkamperlaag met andere kombergingen te vergelijken of door binnen deze kombergingen de daling van de wadplaathoogte met de mate van diepe bodemdaling te correleren.

2.1.3 Monitoring op basis van een regelmatig grid

In de evaluatie (ref. 1) wordt aangegeven dat monitoring van deelgebieden nodig is om tot de juiste nauwkeurigheid van meten te kunnen komen en de verschillende variabelen (e.g. sedimentatie en benthos) op dezelfde geografische en temporele schaal te kunnen aggregeren. Een kernvraag hierbij is wat het gewenste schaalniveau moet zijn waarop gemonitoord zou moeten worden, Is het beter te monitoren in deelgebieden waarin de monitoringinspanning wordt geconcentreerd, of prefereren we een regelmatig grid, waarbij de monitoringinspanning gelijkmatig over het onderzoekgebied wordt verdeeld? In het eerste geval is het mogelijk nauwkeurigere schattingen van het voedselbestand per locatie te maken. Het tweede geval heeft als voordeel dat de steekproefnauwkeurigheid veel groter is.

De betrouwbaarheid waarmee de wadplaathoogte en het voedselbestand gemiddeld over het hele komberginggebied bepaald zal worden, hangt af van zowel de variatie tussen deelgebieden als de variatie binnen deelgebieden. Wanneer we de wadplaten in Pinkegat en Zoutkamperlaag opdelen in vakken van 500x500 meter kunnen we verschillende bemonsteringstrategieën hanteren. De eerste optie is dan het bezoeken van een heel beperkt aantal van deze deelgebieden en een groot aantal metingen/monsters per deelgebied te nemen. De tweede optie is alle deelgebieden te bezoeken, maar slechts één steekbuis per deelgebied te nemen. Uit al het eerder onderzoek naar de efficiëntie van benthosbemonsteringen komt naar voren dat de tweede optie te verkiezen valt (Zie bijvoorbeeld 'two-stage sampling' in Thompson, 1992; ref. 8). De reden is dat de bijdrage aan de nauwkeurigheid van de uiteindelijke schatting op conto van de binnen-deelgebied variantie afhangt van het totaal aantal steekbuizen dat genomen wordt (en dat is gelijk voor beide opties), maar dat de bijdrage op conto van de tussen-deelgebied variantie bepaald wordt door het aantal deelgebieden dat bezocht wordt (en dat is bij de tweede optie vele malen hoger). Eerdere studies komen dan ook tot de aanbeveling om zoveel mogelijk deelgebieden te bezoeken met zo weinig mogelijk inspanning per deelgebied (ref. 7 en 9).

Deze overwegingen hebben geleid tot de volgende aanpak:
Het droogvallend wad in Pinkegat en Zoutkamperlaag (boven -50 cm NAP) wordt verdeeld in gridcellen van 500x500 meter (Fig. 3). In iedere gridcel ligt minimaal 1 monsterpunt voor bodemdieren en sedimentsamenstelling. Per gridcel wordt op basis van de LIDAR-data zo nauwkeurig mogelijk de gemiddelde wadplaathoogte berekend. Deze variabelen zijn input voor een ecologisch model dat de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij en het areaal geschikt foerageergebied zal schatten. Dit wordt nader toegelicht in paragraaf 2.1.4.



Figuur 3: Schematische weergave van de vergridding van het wad. Uit iedere gridcel wordt minimaal één benthosmonster genomen. Op deze wijze is het droogvallende wad van het Pinkegat en de Zoutkamperlaag bedekt met gridcellen. Per gridcel wordt jaarlijks de gemiddelde wadplaathoogte bepaald.

2.1.4 Parameters voor analyses wadplaten

De parameters die per gridcel (Fig. 3) nodig zijn voor de analyses zijn de wadplaathoogte en de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij. De gemiddelde wadplaathoogte wordt per gridcel bepaald aan de hand van LIDAR-opnames §2.2.1. De oogstbare hoeveelheid voedsel per tij is een combinatie van een dieet- en seizoenafhankelijk voedselbestand. Dit bestand wordt geschat op basis van locatiespecifieke metingen (vaste meetpunten op een grid; zie figuur 3) en van vogelsoort specifieke kenmerken. Daarnaast spelen de geografische ligging, de morfologie van de omgeving en de droogvalduur per monsterpunt een rol in het bepalen van deze parameter. In totaal gaat het om de volgende variabelen en kenmerken:

<u>Gridcel specifieke variabelen</u>

- Prooidichtheid (voedselbestand)
- Profijtelijkheid (kwaliteit, soortsamenstelling, conditie)
- Beschikbaarheid (prooidiepte, droogvalduur, ligging t.o.v. geul / HVP)
- Habitatkenmerken (bijvoorbeeld de sedimentsamenstelling)

<u>Vogelsoort specifieke kenmerken</u>

- Dieet
- Functionele respons = de intake rate / digestion rate
- Habitatvoorkeur

De functionele respons in combinatie met de droogvalduur leidt ertoe dat een locaal voedselbestand (aantal + biomassa per oppervlak) kan worden "vertaald" naar een voedselbeschikbaarheid per getijdenperiode. Dit levert een aantal locaties op waarvoor de dagelijkse voedselbehoefte kan worden gehaald. Dat is feitelijk een areaal. De ontwikkeling van

de grootte van dat areaal is ook een maat waarop de geschiktheid van de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag voor foeragerende doelsoorten kan worden uitgedrukt.

Voor een nader vast te stellen aantal Natura 2000 doelsoorten wordt de bovengenoemde kennis gebruikt als input voor een ecologisch model. Op basis van voortschrijdend inzicht (kennis over vogels en prooidieren) kunnen de berekeningen jaarlijks worden aangepast en elk jaar opnieuw worden berekend voor alle voorgaande jaren. De soortspecifieke modeluitkomst (de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij) is een relatieve maat voor de ecologische ruimte per vogelsoort. Deze hoeveelheid is ongeschikt als maat voor de feitelijk beschikbare hoeveelheid voedsel, maar veranderingen erin kunnen wel iets zeggen. Bijvoorbeeld: neemt de droogvallende hoeveelheid kokkels en mossels toe dan verwacht je in het algemeen ook gunstiger condities voor (bijvoorbeeld) overwinterende scholeksters.

Voor de scholekster is de relatie tussen voedseldichtheid en bereikbaarheid uitgewerkt in het simulatiemodel Webtics. In dit model wordt bovendien de relatie gelegd met de voedselbehoefte van de scholekster. Voor de scholekster biedt Webtics de mogelijkheid na te gaan wat de relatieve betekenis is van rijke en arme foerageergebieden die op basis van de oogstbare hoeveelheid voedsel worden gedefinieerd.

2.1.5 De temporele variatie in wadplaathoogte

Bodemdaling door gaswinning is een traag proces met een snelheid die maximaal enkele millimeters per jaar betreft. Belangrijk is of de variatie in wadplaathoogte het gevolg is van diepe bodemdaling is dan ook de snelheid waarmee de verandering optreedt. Bijvoorbeeld in hoeverre de variatie in wadplaathoogte proportioneel is met de mate van diepe bodemdaling in dezelfde periode of met het bodemdalingvolume. Plotselinge veranderingen in wadplaathoogte zijn te verwachten als gevolg van gebeurtenissen zoals zware stormen. Een voorbeeld van het effect van een zware storm op het sedimentatieproces op het wad wordt gegeven in Krol, 2014 (ref. 10) en analoog voor de zeereep van oost Ameland in Slim et al. 2013 (ref. 11). Om de invloed van dergelijke gebeurtenissen aan te kunnen tonen dient de wadhoogte frequent gemeten te worden op verschillende locaties in Pinkegat en Zoutkamperlaag. Alleen op basis van frequente metingen met een voldoende mate van temporele autocorrelatie en een zekere ruimtelijke spreiding kan onderscheid worden gemaakt tussen de invloed van plotselinge (mogelijk tijdelijke) of gestage daling van de wadplaathoogte.

Het frequent meten van de wadplaathoogte wordt gedaan aan de hand van de zogenaamde <u>spijkermetingen</u> (§ 2.2.4). Dit zijn metingen die tot enkele millimeters nauwkeurig de variatie in sedimenthoogte op een locatie kunnen vastleggen. In een aantal van de geselecteerde gebieden (wadplaten) is een onregelmatig grid over deze monsterpunten neergelegd. De verschillende spijkermetingen op een wadplaat geven samen een beeld van de gemiddelde hoogte of hoogteverandering van zo'n wadplaat. Op basis van lopende spijkermetingen is variatie in wadplaathoogte tussen twee opvolgende jaren voor een aantal wadplaten vastgesteld. Hieruit blijkt dat de ontwikkeling van deze platen onderling varieert met een standaard deviatie van ca. 1,3 cm. Uitgaand van een monitoring van 8 wadplaten ligt de detecteerbare effectgrootte (verschil tussen jaren) op <2 cm.

Omdat de spijkermetingen op de stabielere delen van de wadplaten liggen geven ze geen beeld van het erosie/sedimentatieproces op de randen van de platen of andere hoogdynamische delen van het wad. De locaties waar spijkermetingen worden uitgevoerd zijn weergegeven in figuur 6. Dit jaar worden hier de wadplaten Brakzand en op het wad boven Ferwert aan toegevoegd.

2.1.6 Vogeltellingen op HVP's

Vogeltellingen op HVP's in Pinkegat en Zoutkamperlaag spelen een rol in het schatten van de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij. Op basis van de vogeltellingen wordt namelijk de

foerageerperiode bepaald. Daarnaast kan per vogelsoort, per HVP, de oogstbare hoeveelheid voedsel worden gecorreleerd aan het aantal vogels per periode. Dit leert ons in hoeverre en voor welke soorten het aantal afhangt van de oogstbare hoeveelheid voedsel. Vogelsoorten waarvan de aantallen een sterke correlatie vertonen met de oogstbare hoeveelheid voedsel zijn gevoeliger voor locale nadelige effecten op hun voedselbron.

2.1.7 Wadplaathoogte en diepe bodemdaling

Indien er sprake is van een daling van de wadplaathoogte in Pinkegat en Zoutkamperlaag, dan zal worden beoordeeld of en in hoeverre deze wadplaatdaling met het proces van diepe bodemdaling correleert. Hiervoor wordt bestudeerd of A) er ook sprake is van daling in andere kombergingen in de Waddenzee; B) de oppervlakte daling ruimtelijk correleert met de diepe bodemdaling contouren; C) de oppervlakte daling proportioneel is aan de diepe bodemdaling of veroorzaakte bodemdalingvolume; D) de oppervlakte daling temporeel correleert met een gebeurtenis zoals een zware storm.

A Vergelijking van de variatie in wadplaathoogte in Pinkegat en Zoutkamperlaag met andere kombergingen in de Waddenzee vindt plaats a.d.h.v. de LIDAR-data van de NAM en RWS. Omdat de LIDAR-metingen van RWS eens per zes jaar verzameld worden, gaat het hier om vergelijkingen over een periode van zes jaar. Deze analyse wordt aan het eind van iedere monitoring- en lodingcyclus uitgevoerd.

B & C De correlatie tussen de diepe bodemdaling (ΔD_d) en de variatie in wadplaathoogte (Δh) vindt plaats op basis van waterpassingen die worden uitgevoerd bij de GPS-klusters (Fig. 5).op het moment dat daar ook de diepe bodemdaling wordt bepaald. In deze analyses zal de mogelijke invloed van gebeurtenissen worden onderzocht. Hierbij kan gedacht worden aan de invloed van een zware storm (E_t) op de resultaten: $\Delta D_d \sim \Delta h + E_t + \varepsilon$

D De invloed van gebeurtenissen, zoals een zware storm, kan in beeld worden gebracht aan de hand van de spijkermetingen. Analyse van de spijkermetingen geeft aan in hoeverre de waargenomen daling van de wadplaathoogte onderdeel is van een gestage trend of plotselinge gebeurtenis.

2.2 Monitoringonderdelen wadplaten

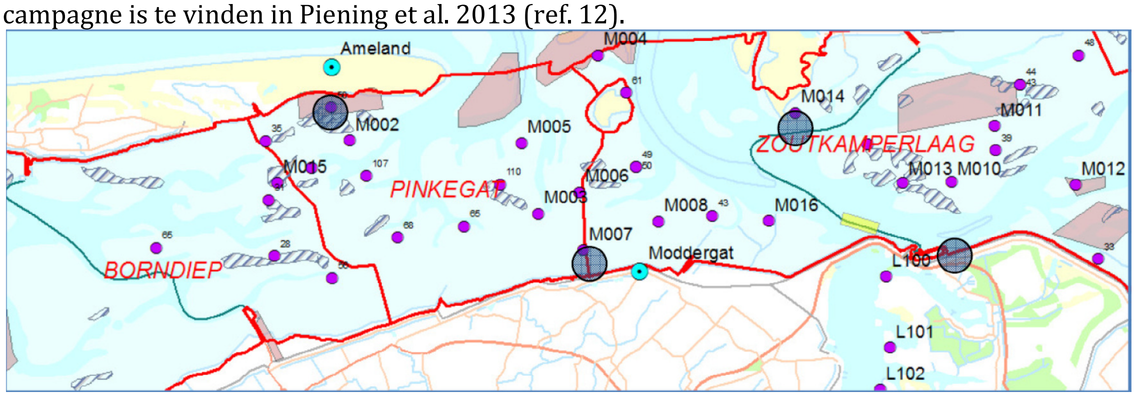
2.2.1 Wadplaathoogte

Het doel van de vlakdekkende hoogtemetingen is enerzijds om jaarlijks een goed beeld te krijgen van de ontwikkeling van het areaal wadplaten. Anderzijds wordt per gridcel (Fig. 3) jaarlijks de gemiddelde wadplaathoogte geschat. Omdat de wadplaten als gevolg van getijdenstromen en golfwerking continu onderhevig zijn aan sedimentatie en erosie is het nodig frequenter dan één maal per jaar een meting uit te voeren. Spijkermetingen laten zien hoe gedurende het voorjaar en de zomer sedimentatie dominant is en gedurende het najaar en de winter erosie optreedt (ref. 10). Vlakdekkende hoogtemetingen worden daarom aan het begin van de sedimentatieperiode en aan het begin van de erosieperiode uitgevoerd.

Vlakdekkende hoogtemetingen vinden plaats aan de hand van de best beschikbare techniek. Op dit moment gebeurt dit aan de hand van LIDAR. LIDAR staat voor Laser Imaging Detection And Ranging. Het is een techniek waarbij met laser pulsen de afstand tot een object wordt bepaald. In dit geval gaat het daarbij om de afstand tussen een vliegtuig en de wadplaten (Fig. 4).

Figuur 4: Vluchtlijnen voor het uitvoeren van de LIDAR-opname in Pinkegat en Zoutkamperlaag (geel). De blauwe vluchtlijnen dienen ter controle en kalibratie van de LIDAR-opname. Deze lijnen verbinden vaste reflectiepunten op het land waarvan de hoogte bekend is. Ontleend uit . FUGRO rapport ASM11085.

Ter controle van de LIDAR-opnames worden ook op de wadplaten zogenaamde ground-truth surveys uitgevoerd. Dit vindt plaats op vier locaties, parallel aan iedere LIDAR-meting (Fig. 5). Wanneer de LIDAR-opnames de gewenste consistentie bereiken kan met de ground truth metingen op het wad worden gestopt. De controle grids op het land blijven wel nodig voor de absolute plaatsbepaling van de gemeten wadhoogtes. Het protocol voor deze ground truth campagne is te vinden in Piening et al. 2013 (ref. 12).



Figuur 5: Kaart van het onderzoekgebied. De vier grote, gearceerde stippen zijn de ground truth locaties waar a.d.h.v. RTK-GPS metingen de wadhoogte wordt bepaald. De kleinere blauwe stippen zijn de GPS-klusters op basis waarvan de diepe bodemdaling wordt gemonitoord. Naast de GPS-klusters worden op de wadplaten de waterpassingen verricht. Ontleend uit Piening *et al.* 2013.

2.2.2 Satellietbeelden

Radarsatellietbeelden van het wad tijdens de laagwaterperiode kunnen na correctie voor de gemeten waterstand een beeld geven van het areaal droogvallende platen. Opnames bij verschillende waterstanden geven mogelijk ook een beeld van de hoogteverdeling van het areaal. Omdat er gedurende een jaar een groot aantal satellietbeelden beschikbaar is, heeft deze techniek de potentie een representatief jaargemiddelde van het wadplaten areaal te schatten. Bovendien leveren deze opnames een beeld van alle kombergingen in de Waddenzee waardoor veranderingen in Pinkegat en Zoutkamperlaag met de rest van het waddengebied vergeleken kunnen worden. Gedurende de tweede monitoringcyclus wordt de nauwkeurigheid en bruikbaarheid van deze techniek onderzocht en, indien bruikbaar, verder geoptimaliseerd.

2.2.3. Lodingcyclus RWS

De morfologische ontwikkeling in de Waddenzee wordt gemonitoord in opdracht van Rijskwaterstaat. Deze monitoring wordt de 'lodingcyclus' genoemd. Gedurende een 6-jarige cyclus wordt a.d.h.v. zgn. vaklodingen een hoogte/dieptekaart van de Waddenzee en de Noordzeekustzone gemaakt. In het sublitoraal bestaan vaklodingen uit sonar opnames. De hoogteverdeling van het litoraal wordt a.d.h.v. LIDAR-opnames bepaald (zie paragraaf 2.1.1.1). Dit resulteert in een hoogtekaart voor iedere komberging eens per 6 jaar. Van deze monitoring is een historische dataset beschikbaar op basis waarvan de historische dynamiek kan worden bestudeerd. Vergelijking van de variatie in de geomorfologie in kombergingen onder invloed van bodemdaling met de ontwikkeling van de andere kombergingen in de Waddenzee, maakt inzichtelijk of de aangetroffen variatie binnen het Pinkegat en de Zoutkamperlaag valt binnen de natuurlijke dynamiek.

2.2.4 Spijkermetingen

Spijkermetingen zijn metingen waarbij een zogenaamd grondanker in de wadbodem wordt geplaatst op ca. 1m diepte. Aan dit anker is een lijntje bevestigd met aan het eind een labeltje. De afstand tussen het sedimentoppervlak en het labeltje wordt bepaald met een liniaal. Op deze wijze kan de locale variatie in wadplaathoogte op enkele millimeters nauwkeurig worden gemonitoord. Spijkermetingen worden 5x per jaar uitgevoerd een aantal wadplaten (Fig. 6). Het aantal metingen per wadplaat varieert van 19 en 18 onder de oostpunt van Ameland en Paesens tot ca. 7 op de andere locaties.

Figuur 6: locaties waar spijkermetingen worden uitgevoerd. De gele cirkels zijn indicatief voor de ligging van de bodemdalingcontouren (diepe bodemdaling). Ontleend uit Krol 2014 (ref. 10).

2.2.5 Waterpassingen op de wadplaten

Sinds 2010 worden nabij de GPS clusters terrestrische maaiveldmetingen uitgevoerd. Hierbij is een grid uitgezet van 9x5 punten of 7x5 punten, welke op een onderlinge afstand van 5m liggen. De horizontale positie wordt met GPS bepaald, terwijl de maaiveldhoogte middels waterpassing wordt verkregen. Hiervoor wordt de hoogte van de GPS-peilmerken als referentie gebruikt om te komen tot een NAP-hoogte van de gridpunten op het maaiveld. Daar waar de bodem zacht is (slib) wordt de meetbaak voor waterpassing voorzien van een brede voet, zodat deze niet kan wegzakken in het zand van de wadplaat. De nauwkeurigheid van de waterpassing voor deze relatief korte afstanden is ~1mm. Afhankelijk van de gesteldheid van de bodem, zal de absolute nauwkeurigheid per meetpunt < 1cm bedragen.

2.2.6 Bodemdiereninventarisatie

Bodemdieren worden geïnventariseerd aan de hand van puntmonsters op droogvallende platen. Deze bemonstering wordt uitgevoerd op een 500x500 meter grid en vormt de basis van

de in paragraaf 2.1.4 beschreven data-analyse. Indien mogelijk wordt voor dit monitoringonderdeel aansluiting gezocht bij een lopende Waddenzeebrede bodemdiereninventarisatie. Dit biedt de mogelijkheid de variatie in Pinkegat en Zoutkamperlaag met andere kombergingen te vergelijken. De kombergingbrede bodemdiereninventarisatie vindt plaats in de zomer.

Naast deze puntbemonstering (Fig. 3) wordt het aandeel mossel/oesterbanken aan gridcellen toegekend. Deze biogenestructuren worden reeds gekarteerd en bepalen in sterke mate wat de oogstbare hoeveelheid per tij is voor een deel van de Natura 2000 doelsoorten.

De essentie van de bodemdierenmonitoring is het schatten van het voedselbestand voor vogels. Het inventariseren van de “macrofauna” op soortniveau is daarbij niet altijd noodzakelijk. In dit monitoringprogramma wordt de focus gelegd op diëten van vogelsoorten. Hiervoor wordt het volgende taxonomische niveau aangehouden.

1) Schelpdieren. Bivalvia worden daarbij op soortniveau gedetermineerd. Bovendien wordt per soort een grootteklasse verdeling gemaakt. Gastropoda worden op familieniveau gedetermineerd. Per taxonomische eenheid wordt de biomassa vastgesteld.
2) Wormen. Polychaeta worden minimaal op familieniveau gedetermineerd. Per taxonomische eenheid wordt de biomassa bepaald.
3) Kreeftachtigen. Crustacea worden op faminiveau gedetermineerd. Per taxonomische eenheid wordt de biomassa bepaald. Voor krabachtigen met een schildbreedte groter dan 20mm wordt de biomassa apart bepaald. Sessiele crustacea, zoals bijvoorbeeld zeepokken, kunnen buiten beschouwing worden gelaten.

Net als voor de kreeftachtigen en schelpdieren kan het nuttig zijn om wormen in grootteklassen te onderscheiden. Als onderdeel van een studie naar de gebiedspecifieke dieetwensen (en andere kenmerken) van vogelsoorten zal dit jaar een keuze worden gemaakt over het detailniveau waarop het voedselbestand zal worden gemonitoord.

2.2.7 Vogeltellingen op HVP’s

Voor de vogeltellingen op de HVP’s in Pinkegat en Zoutkamperlaag wordt aansluiting gezocht bij de bestaande monitoring die door SOVON wordt gecoördineerd. Op Ameland zijn deze tellingen uitgebreid met als doel de piekperiode en -aantallen goed te kunnen schatten. Ook voor de HVP’s bij het Paezummerwad zullen deze metingen om dezelfde reden tijdens de voor- en najaartrek met enkele tellingen worden uitgebreid.

3 KWELDERS

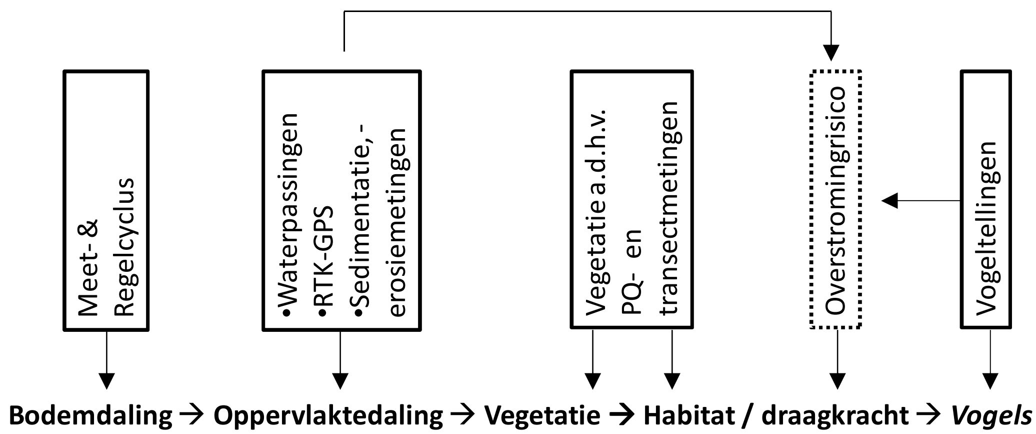
De habitattypen *Pionierbegroeiingen* H1310 en *Schorren en zilte graslanden* H1330 vormen de kwelders van de Waddenzee. Het doel van het beheer van deze kwelders is de diversiteit in de geomorfologie en de kweldervegetatie met alle successiestadia te behouden en te ontwikkelen. De natuurlijke ontwikkeling (successie) van de kwelder leidt echter tot veroudering en verruiging van deze habitats als gevolg van opslibbing, ontwikkeling van vegetatie en verlanding. Om deze ontwikkeling tegen te gaan worden kwelders beweid met schapen, paarden en koeien en wordt de morfologie van kwelders aangepast zodat de zee periodiek het gebied kan blijven overspoelen.

3.1 De Peasemerlannen

Ook onder de kwelder vindt bodemdaling plaats. Als de kwelder mee daalt kan dit tot veranderingen in de hydrologie (drainage) en de overstromingfrequentie leiden. Uit de monitoring van de sedimentatie op de vaste land kwelders blijkt dat de sedimentatiesnelheid gemiddeld groter is dan de bodemdaling die optreedt als gevolg van gaswinning. Alleen op de

hoge kwelder onder Ameland heeft bodemdaling duidelijk geleid tot vernatting. Tot dusver blijkt dat bodemdaling geen nadelige effect op de ontwikkeling van de kwelder heeft. Locale regressie van de kwelder van Ameland draagt bij aan het natuurlijk kwelderbeheer. Wat onzeker is, is of er door bodemdaling in de loop der jaren een toename van het overstromingrisico voor nesten in de broedperiode zal optreden.

De monitoring van de invloed van bodemdaling op de Paezummerlannen vindt plaats a.d.h.v. een effectketenbenadering (Fig. 7), waarbij een deel van de Groninger kwelder die niet onder invloed staat van diepe bodemdaling als referentiegebied wordt bestudeerd.



Figuur 7: Effectketen kwelder (vet gedrukt) en de daaraan gekoppelde monitoringonderdelen (in de kaders). Het gestippelde kader "overstromingrisico" wordt berekend uit de metingen voor oppervlaktedaling en niet apart gemeten. De pijlen geven de koppeling tussen de onderdelen weer. De schakels "Habitat / draagkracht" vormen de instandhoudingsdoelen.

De studie concentreert zich op de vraag of diepe bodemdaling meetbaar is aan het oppervlak, of in hoeverre de sedimentatie (opslibbing) de bodemdaling compenseert. Netto daling van het maaiveld wordt op dit moment alleen verwacht op een deel van de hoger gelegen zomerpolder (ref. 13).

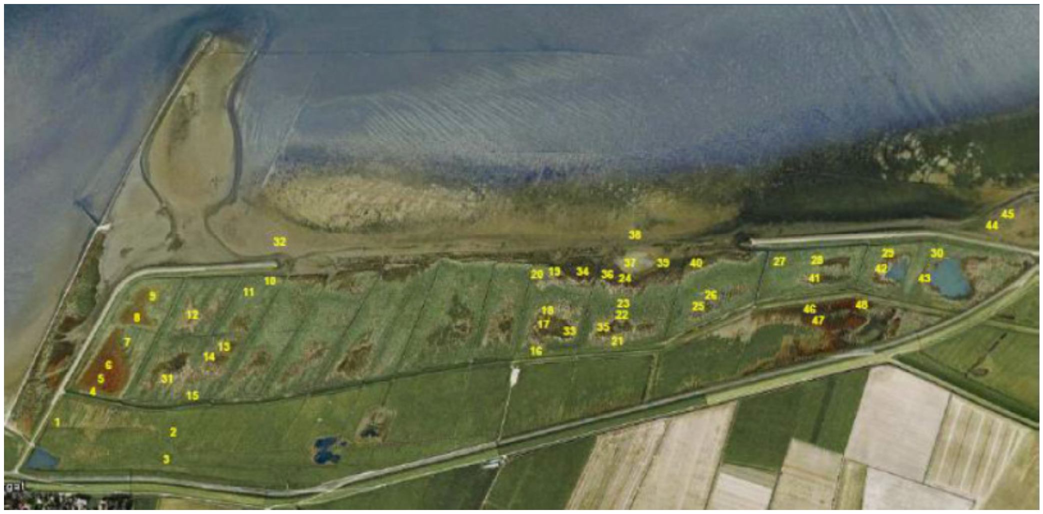
3.2 Metingen en analysestrategie

Op de kwelder wordt twee keer per jaar de opslibbing gemeten op vaste punten (§ 3.3). Na correctie voor bodemdaling wordt zo de hoogteontwikkeling van de kwelder gemonitoord. Deze hoogteontwikkeling wordt ruimtelijk gecorreleerd met de veranderingen die in de vegetatie optreden. Veranderingen in de vegetatie worden gemonitoord in permanente kwadraten die over de kwelder verspreid liggen (Fig. 8). In de kwadraten zijn kleine veranderingen in de vegetatie waarneembaar omdat er op soortniveau gemonitoord wordt. Eens per 6 jaar wordt de vegetatie op de gehele kwelder gekarteerd met als doel vast te stellen hoe veranderingen in de permanente kwadraten doorwerken naar het areaal beschermde habitats en habitats voor Natura 2000 doelsoorten.

3.3 Kwelderhoogte en klifvorming

De natuurlijke opslibbing van de kwelder kan voldoende zijn om de zeespiegelstijging en de bodemdaling bij te houden. De opslibbing op de kwelders wordt gemeten a.d.h.v. zogenaamde SEB-metingen. SEB-meting staat voor Sedimentatie-Erosie-Balkje-metingen. Deze metingen hebben dezelfde nauwkeurigheid als de eerder besproken spijkermetingen. De SEB-metingen zullen de komende monitoringcyclus 2x per jaar worden uitgevoerd. Inmiddels is een deel van de SEB-constructies aan onderhoud/vervanging toe. In 2013-2014 zal een groot deel van dit onderhoud worden uitgevoerd.

Kliferosie wordt jaarlijks gemeten a.d.h.v. RTK-GPS-metingen. Momenteel is dit lastig omdat de groeiende kwelder geen klif heeft, maar sprake is van een geleidelijke overgang tussen wadplaat en kwelder.



Figuur 8: Overzicht van de permanente quadranten in de kwelder Peasemerlannen. Ontleend uit van Duin (2014), ref. 13.

3.4 Kweldervegetatie

Voor het monitoren van kweldervegetaties is aansluiting gezocht bij bestaande monitoringprogramma's van IMARES en RWS, waarmee de ontwikkelingen van de vegetaties en habitats in de tijd (trends) in beeld kunnen worden gebracht.

De ontwikkeling van de kwelders in de bodemdalinggebieden wordt bestudeerd aan de hand van de vegetatieontwikkeling in permanente kwadraten en vergeleken met kwadranten op kwelders in referentiegebieden. Deze referentiekwadraten zijn onderdeel van de lopende kweldermonitoring van Rijkswaterstaat.

De combinatie van een lage bodemdalingsnelheid en hoge natuurlijk opslibbing op de Peasemerlannen heeft nog niet tot maaivelddaling geleid. Ook de komende monitoringcyclus wordt geen sterke bodemdaling verwacht en is een verandering in de kweldervegetatie als gevolg van bodemdaling onwaarschijnlijk. In dit monitoringprogramma wordt daarom voorgesteld de vegetatiemonitoring eens per twee jaar uit te voeren. Omdat de SEB-metingen en hoogtemetingen frequenter worden uitgevoerd kan in response op onverwacht sterke daling of opslibbing (> 5 cm) tot een extra vegetatieopname worden overgegaan.

3.5 Broedvogels en overstromingrisico

Uit de evaluatie van de monitoring 2007-2012 blijkt dat er een zwakke, onduidelijke koppeling is tussen broedvogels op de kwelder en de rest van de effectketen. Daarnaast blijkt uit onderzoek dat diepe bodemdaling onder de Peasemerlannen de komende jaren nog niet gaat bijdragen aan het overstromingrisico van nesten (ref. 5). Er is in 2013 een onderzoek gestart naar de mate waarin het overstromingrisico voor nesten op de meetbaar gedaalde kwelder van Ameland is toegenomen. De uitkomst van dit onderzoek wordt verwacht in 2015. Voor vervolgonderzoek van het overstromingrisico op de Peasemerlannen wordt eerst de uitkomsten van dit onderzoek afgewacht. Monitoring van de broedvogelaantallen op de Peasemerlannen wordt door vrijwilligers uitgevoerd en gecoördineerd door SOVON. Aan het eind van deze monitoringcyclus zal de ontwikkeling van de broedvogels op de Peasemerlannen

a.d.h.v. trendspotter analyses worden gerapporteerd in relatie tot ontwikkeling in vegetatie en beheer.

3.6 Kwelderbeheer

De zomerpolder in de Peasemerlannen wordt beweid. Voor de lager gelegen kwelder geldt dat nog niet. Binnenkort wordt er gestart met het beweiden van de Groninger kwelder die als referentiegebied voor de Peasemerlannen wordt gebruikt. Dit leidt waarschijnlijk tot grote veranderingen in de vegetatie, waardoor de opgebouwde meetreeks verstoort wordt. Met de betrokken onderzoekers is bediscussieerd of de onderzoekvakken en transecten op de Groninger kwelder moeten worden afgeschermd. Uit de discussie kwam naar voren dat het beter is om het aantal referentiekwelders uit te breiden. Het idee hierachter is dat geen enkele referentie kwelder volledig representatief zal zijn voor de Peasemerlannen. Voor de hand liggende additionele referentiekwelders zijn de Julianapolder en de Negenboerenpolder. De Julianapolder zijn geen plannen voor toekomstige beweiding. Voor de Negenboerenpolder wel. Van beide kwelders zijn meetreeksen voor vegetatie en sedimentatie opgebouwd. In 2014/15 wordt de bruikbaarheid van deze kwelders geëvalueerd en gerapporteerd.

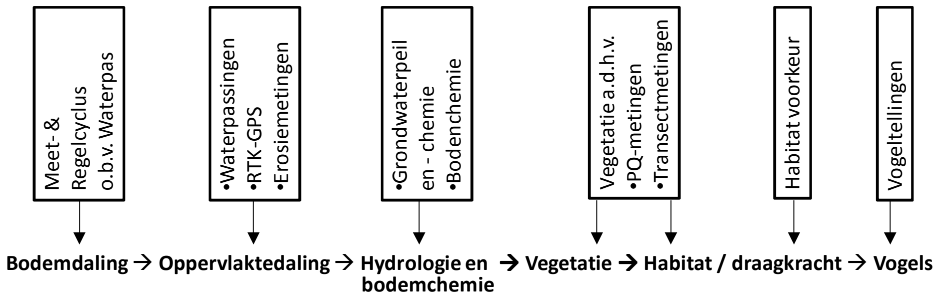
4 LAUWERSMEERGEBIED

4.1 Monitoring en instandhoudingsdoelen

De mogelijke effecten van gaswinning in het Lauwersmeergebied beperken zich tot effecten van bodemdaling. Het Lauwersmeer is een binnendijks gebied waar geen opslibbing plaatsvindt en bodemdaling van het maaiveld meetbaar is. Door de groei van vegetatie treedt wel verlanding op waardoor water overgaat in moeras en moeras in land. In het Lauwersmeergebied vindt actief beheer plaats om deze verlanding tegen te gaan of zelfs terug te draaien. Enkele polders zijn dieper gemaakt en hebben een kunstmatig waterpeilbeheer waardoor struweellandschap weer plaats maakt voor moeras en open water. Het uiteindelijke doel van bovengenoemde beheermaatregelen is de avifauna te beïnvloeden. Dit speelt o.a. in het deelgebied Ezumakeeg, het gebied waar ook de meeste bodemdaling zal optreden als gevolg van de Anjum-winning sinds 1997.

Naast een intensief beheer kent het gebied ook een zeer dynamisch waterpeil met veranderingen in waterhoogte tot 1 meter. Dit maakt dat naast het meer gelegen graslanden periodiek onder water staan. De randen van de platen en lobben in het gebied zijn hierdoor onderhevig aan erosie. Omdat het Lauwersmeer voor de afsluiting van de Lauwerszee een brede geul was met wadplaten en kwelders is het gebied nog steeds in verandering van zout naar zoet. In het gebied worden door locaal brakke omstandigheden nog enkele zeldzame vegetatietypen gevonden.

Omdat het Lauwersmeer alleen als vogelrichtlijngebied is aangewezen zijn in het aanwijzingbesluit alleen instandhoudingdoelstelling voor vogelsoorten opgenomen. Deze doelstellingen luiden dat activiteiten niet mogen leiden tot een afname van de draagkracht van het gebied voor een bepaald aantal vogels of broedparen per soort (Tab. 1 en 2). De mogelijke doorwerking van bodemdaling door gaswinning op het ecosysteem wordt bestudeerd a.d.h.v. een effectketen zoals weergegeven in figuur 8.



Figuur 8: Effectketen Lauwersmeergebied (vet gedrukt) en de daaraan gekoppelde monitoringonderdelen (in de kaders). De pijlen geven de koppeling tussen de onderdelen weer. De schakels “Habitat / draagkracht” vormen de instandhoudingsdoelen.

In de effectketen wordt verondersteld dat de draagkracht van het gebied voor Natura 2000 doelsoorten wordt bepaald door de vegetatie. Daarnaast zijn ook andere, bijvoorbeeld voedsel gerelateerde gebiedkenmerken van belang. In tabel 1 en 2 zijn de vogelsoorten die in het gebied worden waargenomen opgedeeld in groepen op basis van habitatvoorkeur. De broedvogels zijn gegroepeerd op basis van een vegetatietype. De niet-broedvogels op basis van hun voedselvoorkeur of foerageergebied. Van de zeer geringe bodemdaling in het Lauwersmeergebied worden geen effecten verwacht op aquatische organismen. Ook zal, door het eroderen van de platen en de afwezigheid van getijdenstroming het meer alleen maar ondieper worden. De focus in dit monitoringprogramma ligt daarom op de terrestrische vegetatie. Daarnaast wordt er langs enkele transecten gekeken naar de ontwikkeling in de muizenpopulatie. Muizen zijn gevoelig voor vernatting en vormen een belangrijke voedselbron voor o.a. de bruine kiekendief.

Tabel 1: Indeling broedvogels naar habitatvoorkeur, op basis van het vegetatietype. Vet-gedrukt zijn de Natura 2000 doelsoorten, aangevuld met niet-doelsoorten. De tabel is afgeknipt op 5 soorten. In werkelijkheid zijn de meeste groepen groter. Zo bestaat de groep onder “waterriet” uit 18 soorten.

structuurtypen	Waterriet	Droog riet Natte ruigte Droge ruigte	Droge ruigte Open struweel Dicht struweel	Grasland-open Grasland-open en brak Grasland-hoger opgaand	Kale grond Zilte pioniervegetaties Zoete pioniervegetaties
N2000-soorten = vet	**Roerdomp**	**Grauwe Kiekendief**	**Paapje**	**Kemphaan**	**Kluut**
	Bruine Kiekendief	**Velduil**	Koekoek	**Kluut**	**Bontbekplevier**
	Porseleinhoen	**Blauwborst**	Boompieper	Zometertaling	**Noordse Stern**
	Snor	**Rietzanger**	Winterkoning	Slobeend	Scholekster
soort	Dodaars	Blauwe Kiekendief	Heggenmus	Scholekster	Strandplevier

Tabel 2: Indeling niet-broedvogels naar voedselvoorkeur of foerageergebied. Vet-gedrukt zijn de Natura 2000 doelsoorten, aangevuld met niet-doelsoorten. De tabel is afgeknipt op 8 soorten.

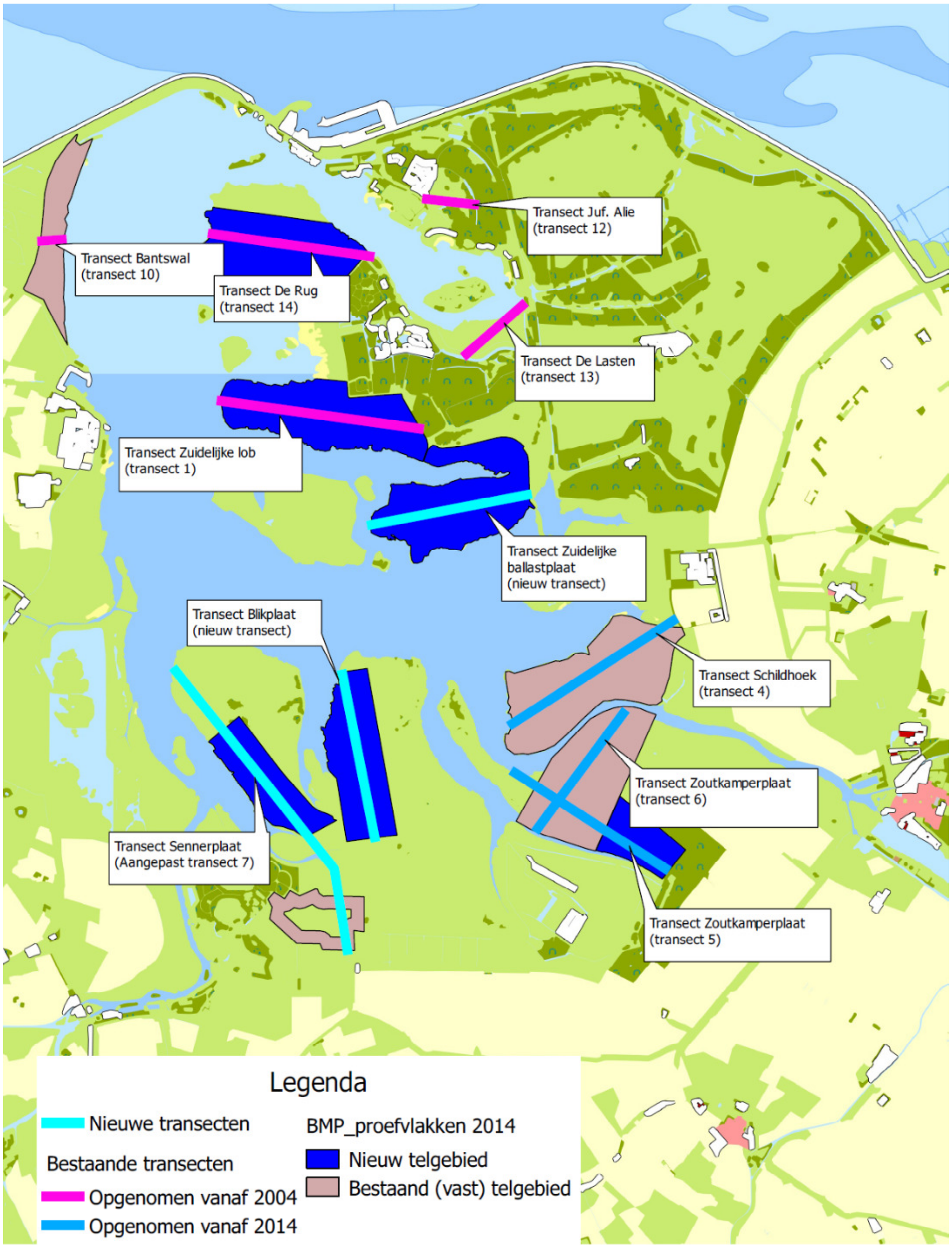
voedel	vis	zoetwater-mosselen	benthos slik/ ondiep water	(kleine) zoogdieren / (zang)vogels	wormen grasland	gras	fonteinkruiden	akkers
N2000-soorten = vet	**Fuut**	**Kuifeend**	**Bergeend**	**Zeearend**	**Goudplevier**	**Kolgans**	**Kleine Zwaan**	**Wilde Zwaan**
	Aalscholver	**Meerkoet**	**Pijlstaart**	**Bruine Kiekendief**	**Grutto**	**Dwerggans**	**Tafeleend**	Toendrarietgans
	Lepelaar		**Slobeend**	Blauwe Kiekendief	**Wulp**	**Grauwe Gans**	Knobbelzwaan	
	Nonnetje		**Brilduiker**	Grauwe Kiekendief	Scholekster	**Brandgans**		
soort	**Reuzenstern**		**Kluut**	Havik	Kievit	**Smient**		
	Dodaars		**Bontbekplevier**	Sperwer	Kemphaan	**Krakeend**		
	Fuut		**Zwarte Ruiter**	Buizerd	Watersnip	**Wintertaling**		
	Geoorde Fuut		Kleine Strandloper	Ruigpootbuizerd	Regenwulp	**Wilde Eend**		

4.2 Meet- en analysestrategie

De monitoring van het Lauwersmeergebied bestaat uit de volgende onderdelen: diepe bodemdaling, maaiveldhoogte, grondwaterstanden, grondwaterchemie, bodemchemie, weersomstandigheden, meerpeil, vegetatie op soortniveau, vegetatie op structuurtype niveau, vogels en muizen. Het doel is vast te stellen in hoeverre er sprake is van een nadelige ontwikkeling van de draagkracht van het gebied voor Natura 2000 doelsoorten (vogels). Omdat een effect van bodemdaling alleen op het land meetbaar zal zijn is draagkracht hier vertaald naar beschikbare vegetatiestructuur op te nestelen en te foerageren. Daarnaast wordt er ook naar muizen als voedselbron voor roofvogels gekeken. In het beantwoorden van de onderzoekvraag staat de ontwikkeling van de vegetatie centraal. De hieraan te grondslag

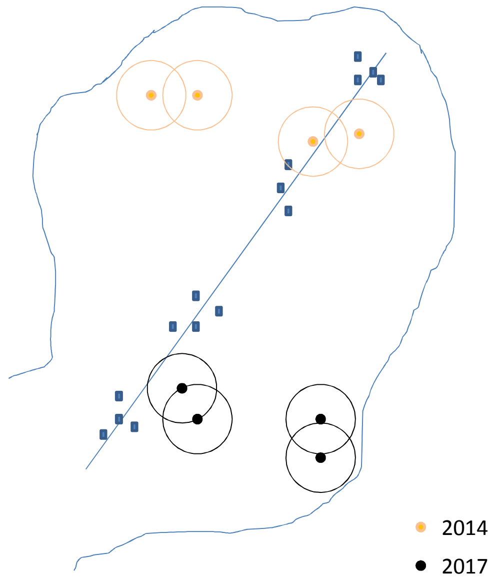
liggende analyse kan in twee blokken worden verdeeld. In het eerste blok wordt de vegetatieontwikkeling in permanente kwadraten op soortniveau geanalyseerd als functie van het meerpeil, de oppervlakte daling, het weer en het beheer. In het tweede blok wordt gekeken in hoeverre de in blok 1 aangetroffen effecten zich doorvertalen op gebied niveau en hoe Natura 2000 doelsoorten daarop reageren. Hiervoor wordt de ontwikkeling van de vegetatiestructuur, gemeten langs zeer brede transecten, geanalyseerd en ruimtelijk gecorreleerd met eerder genoemde variabelen (zie bijlage 2).

De meeste monitoringonderdelen worden jaarlijks gemeten. De reden hiervoor is dat de invloed van het weer en meerpeil op de vegetatie alleen kan worden vastgesteld a.d.h.v. deze meetfrequentie. De vegetatiestructuur langs transecten en de diepe bodem- en maaiveld daling worden eens in de drie jaar vastgestel. Frequentere metingen leiden niet tot aanvullende informatie.



Figuur 9: Monitoringprogramma voor het Lauwersmeergebied. De rechte lijnen zijn de transecten waarlangs de vegetatie wordt gemonitoord. Langs de transecten liggen de permanente kwadraten en de peilbuizen. Deze zijn niet op deze kaart weergegeven. De contouren vormen de vogeltelgebieden.

In dit nieuwe monitoringprogramma is de monitoring uitgebreid naar het zuidelijk deel van het Lauwersmeergebied. Daarnaast is voor overlap gezorgd tussen alle monitoringonderdelen (Fig. 9). Langs de in figuur 9 gepresenteerde transecten liggen de permanente kwadraten waarin de vegetatie op soortniveau wordt gemonitoord. Bij deze kwadraten zijn of worden peilbuizen geplaatst en worden bodemmonsters genomen (Fig. 10). Tevens wordt per lob of plaat het beheer gemonitoord, waardoor inzichtelijk wordt wat voor beheer in welke periode van het jaar heeft plaatsgevonden.



Figuur 10: Hypothetisch voorbeeld van de koppeling tussen de vegetatiemonitoring en de broedvogelkartering voor een plaat of lob in het Lauwersmeergebied (contour). De rechte lijn met de vierkantjes symboliseren het transect en de PQ's ten behoeve van de vegetatiemonitoring. Bij de PQ's liggen de peilbuizen. Deze zijn niet in dit voorbeeld weergegeven. De cirkels vormen de territoria van een bepaalde vogelsoort met de stip als centrum, hetgeen ook het nest kan zijn. In dit voorbeeld zijn de groene territoria in 2014 bepaald, terwijl deze in 2017 naar het zuidelijk deel van deze plaat zijn verplaatst. Per plaat kan zo bekeken worden of de variatie in de vegetatie en de verspreiding van de territoria of nesten correleren. Wanneer voor meerdere platen/ lobben vergelijkbare correlaties worden aangetroffen is er sprake van een causaal verband.

De deelgebieden (lobben of platen) in het gebied kunnen als statistische eenheden worden gezien. In een aantal gevallen kunnen deelgebieden verder worden onderverdeeld in meerdere blokken. Alle relevante deelgebieden die beschikbaar zijn, zijn onderdeel van het nieuwe monitoringprogramma waardoor de steekproef optimaal is. Het aantal "waarnemingen" kan in de ruimte niet veel verder worden uitgebreid. We gaan er vanuit dat we met dit nieuwe monitoringprogramma een optimaal monitoringprogramma voor het Lauwersmeergebied hebben neergezet. De power van het programma kan verder worden verhoogt door het kiezen van relatief stabiele variabelen (vogelsoorten of soortgroepen. Tabel 1 en 2 zijn daar een voorbeeld van. Deze groepen kunnen in de toekomst worden bijgesteld op basis van voortschrijdend inzicht. De Invulling hiervan zal ook deels uit de eerste analyses moeten blijken.

4.3 Monitoringonderdelen Lauwersmeergebied

In de onderstaande paragraven worden de afzonderlijke monitoringonderdelen besproken. Voor de metingen en analyses die plaatsvinden om het ruimtelijke en temporele verloop van de diepe bodemdaling in kaart te brengen wordt verwezen naar het meet- en regelprotocol (2007).

4.3.1 Ontwikkeling maaiveldhoogte

Bij de permanente meetkwadraten waarin de ontwikkeling van de vegetatie wordt gemonitoord, wordt eens in de drie jaar de maaiveldhoogte bepaald. Dit gebeurt a.d.h.v. RTK-GPS-metingen of waterpassingen. Tevens zullen op een aantal platen SEB-metingen worden

uitgevoerd. De reden hiervan is dat als gevolg van de dynamiek in het meerpeil erosie van delen van platen wordt vermoed.

4.3.2 Grondwaterpeil en –chemie

Bodemdaling in het Lauwersmeergebied kan er voor zorgen dat een groter deel van het brakke grondwater het maaiveld bereikt. Anderzijds kan aan de rand van het meer laaggelen grasland vernatten. Voor het bestuderen van de vernatting en verzilting wordt peilbuismonitoring uitgevoerd. Hiervoor is aangesloten bij de monitoring zoals die is ingezet door TNO in 2005 en 2006 in opdracht van de BodemdalingsCie Frieland en in overleg met het Waterschap Friesland. Daarbij wordt gebruik gemaakt van bestaande meetnetten (Data en Informatie Nederlandse Ondergrond ofwel DINO-loket; netwerk van peilbuizen), uitgebreid met nieuwe meetpunten. In de peilbuizen wordt het waterpeil, de waterdruk en het zoutgehalte van het oppervlakte- en grondwater bepaald. Aan de hand van de gegevens worden de ontwikkelingen in het oppervlakte- en grondwater gevolgd in de tijd en ruimte. Naast bestaande peilbuizen worden peilbuizen gemonitoord die bij de permanente kwadraten, langs de transecten worden geplaatst. In de effectketen vormen de peilbuismetingen de koppeling tussen bodemdaling/ maaiveldhoogte en de stapeling van organische stof / ontwikkeling van de vegetatie.

4.3.3 Bodemradar

Met als doel de ruimtelijke gradiënten in het zoutgehalte van het grondwater goed in beeld te krijgen willen we de komende periode gaan experimenteren met bodemradar opnames. Het idee hierachter is dat op basis van meer gedetailleerde informatie beter voorspeld kan worden waar langs de transecten veranderingen door bodemdaling kunnen optreden. Over de nauwkeurigheid en betrouwbaarheid van een bodemradarsysteem voor dit doel is nog weinig bekend (ref. 6).

4.3.4 Stapeling van organisch materiaal

Veranderingen in het grondwaterpeil en –chemie kunnen ertoe leiden dat plantenresten niet langer afgebroken worden en er accumulatie van organisch materiaal optreedt. Deze veranderende bodemsamenstelling kan een effect hebben op de vegetatie. Het monitoren van de bodemchemie is een stap tussen veranderingen in het grondwaterpeil en –chemie en de vegetatie. Een extra schakel in de effectketen die helpt om het proces achter eventuele veranderingen te achterhalen/ interpreteren. De stapeling van organische stof wordt bij de permanente kwadraten eens in de drie jaar gemonitoord.

Uit de reeds uitgevoerde monitoring bleek dat op een aantal locaties een hoog percentage organischestof uit de toplaag van de bodem verdween. Onderzoekers gaven aan dat dit mogelijk door erosie werd veroorzaakt. Als tijdens het spuien het water van overstroomde plaatdelen stroomt, erodeert de toplaag en spoelt organische stof naar het meer. Op een aantal locaties worden SEB-opstellingen geplaatst met als doel deze erosie te bepalen en te onderscheiden van bodemdaling door gaswinning (§ 4.3.1).

4.3.5 Vegetatie-opnames PQ's en transecten

Op basis van de samenstelling van de vegetatie kan in het Lauwersmeergebied een aantal vegetatie(structuur)typen worden onderscheiden. Bodemdaling kan leiden tot veranderingen in de verhouding tussen deze vegetatietypen. Ook kunnen de locaal aanwezige zilte vegetaties door bodemdaling worden beïnvloed. Deze zilte vegetaties bestaan door de aanwezigheid van brak kwelwater. Het idee is dat de invloed van brak grondwater onder invloed van bodemdaling een belangrijkere rol gaat spelen. De vegetatie in het Lauwersmeergebied wordt op twee schaalniveau's gemonitoord.

- Permanente kwadraten
- Transectmetingen

Permanente kwadraten

Vegetatieopnames vinden plaats aan de hand van permanente kwadraten die langs transecten in het Lauwersmeergebied zijn gesitueerd. Voor het monitoren van vegetaties is aansluiting gezocht bij bestaande monitoringprogramma's van A&W en SBB waarmee de ontwikkelingen van de vegetaties en bijbehorende habitats in de tijd en ruimte in beeld kunnen worden gebracht.

In de permanente kwadraten wordt per plantsoort de aanwezigheid en bedekking geschat. Hierdoor is het in de kwadraten in een vroeg stadium zichtbaar als bepaalde soorten opkomen of verdwijnen. Wanneer dat geobserveerd wordt, wordt voor deze soorten (indien relevant voor de vegetatiestructuur) de verspreiding in de transectmonitoring meegenomen. Het gaat hierbij om soorten of groepen soorten die de draagkracht van het gebied voor broedvogels kunnen beïnvloeden. Typische voorbeelden hiervan zijn riet, kruipwilg, grassen, etc.. Naast veranderingen in de mate van aanwezigheid worden ook de hoogte van de vegetatie en de ruimtelijke structuur bepaald (zie voorbeeld onder doel 2 in bijlage 2).

Transectmetingen

Transectmetingen zijn karteringen van vegetatiestructuurtypen en typerende soorten (zie hier boven) die bedoeld zijn om veranderingen in permanente kwadraten ruimtelijk te kwantificeren en te koppelen aan veranderingen in de Natura 2000 doelsoorten. Als bodemdaling tot verschuivingen in vegetatiepatronen leidt, zullen deze vooral loodrecht op de dalingscontouren zichtbaar zijn en in de gekozen transecten tot uiting komen. De transectmetingen worden eens in de drie jaar uitgevoerd.

4.7 Vogel- en muizenstand van het Lauwersmeergebied

Het Lauwersmeergebied is een vogelrichtlijngebied. Binnen het kader van de effectketenbenadering worden jaarlijks de broedvogelaantallen gemonitoord. Dit vindt plaatst in telgebieden die strategisch over de bovengenoemde transecten zijn geplaatst waarlangs ook de ontwikkeling in vegetatiestructuur (habitat) wordt gemonitoord (Fig. 10). Voor de broedvogels worden territoria ingemeten a.d.h.v. 8 veldbezoeken in de broedperiode. Voor de niet-broedvogels is aansluiting gezocht bij het lopende monitoringprogramma van SOVON.

De vogelmonitoring is van belang om de relatie tussen het beschikbaar habitat en het bezette habitat te schatten. Als blijkt dat deze overeen komen, dan leidt een vermindering van het habitatareaal (in dit geval vegetatiestructuurtype) tot een afname van de draagkracht van het gebied voor een doelsoort (of groep). Ook de bezetting van het areaal beschikbaar habitat door andere soorten is daarbij van belang.

Roofvogels in het gebied hebben belang bij een omvangrijke muizenpopulatie. Deze muizen leven in de bodem en zijn gevoelig voor schommelingen in het grondwater- en meerpeil. In de tweede monitoringcyclus zal gestart worden met het monitoren van de muizenpopulatie.

5. OVERLEGSTRUCTUUR en COMMUNICATIE MONTORINGRESULTATEN.

Het monitoringprogramma 2014-2019 geldt voor de komende 6 jaar. In 2020 vindt de volgende uitgebreide methodologische evaluatie van de monitoringgegevens plaats. Aanpassing van het monitoringprogramma (in omvang en frequentie) op basis van deze tussenrapportages en adviezen van de Auditcommissie m.e.r. blijft mogelijk.

Jaarlijks zullen de monitoringresultaten door alle betrokken onderzoekers tezamen worden bediscussieerd, waarna door de groep een integrale, kwantitatieve analyse wordt opgesteld

a.d.h.v. de effectketen en rekening houdend met de instandhoudingsdoelen. Dit zal voor de onderdelen wadplaten, kwelder en Lauwersmeer afzonderlijk gebeuren. Het geheel wordt gerapporteerd aan het bevoegd gezag. Voorafgaande aan de rapportage zullen de resultaten worden besproken met de Commissie monitoring waddengas 2006.

Alle rapporten worden na indiening op de NAM website (www.nam.nl) openbaar gemaakt.

Referenties

1. Gaswinning Moddergat, Lauwersoog, Vierhuizen (MLV); Evaluatie meten en Integrale beoordeling monitoring 2007-2012, versie december 2013, NAM rapportage EP201312202561.
2. Edwin Elias & Zheng Bing Wang (2013) Abiotische gegevens voor monitoring effect bodemdaling. Deltares rapport.
3. Tanya J. Compton, Jaap van der Meer, Sander Holthuijsen, Anita Koolhaas, Anne Dekinga, Job ten Horn, Lise Klunder, Niamh McSweeney, Maarten Brugge, Henk van der Veer and Theunis Piersma (2013) SYNOPTIC INTERTIDAL BENTHIC SURVEYS ACROSS THE DUTCH WADDEN SEA 2008 to 2011 NIOZ 2013-1
4. Zwarts et al. 2004 Bodemgesteldheid en mechanische kokkelvisserij in de Waddenzee. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Rijkswaterstaat RIZA rapport RIZA/2004.028. incl. cd-rom.
5. Kees Koffijberg, Christian Kampichler & Bruno J. Ens (2013) Overstromingsrisico's en verspreiding van kwelderbroedvogels in de Nederlandse Waddenzee in relatie tot bodemdaling door gaswinning. Sovon-rapport 2013/26
6. Rooke (2007) Overgangen van zout-zoet water op Texel. Medusa rapport 2007P181.
7. Bijleveld A.I. et al. (2011) Designing a benthic monitoring programme with multiple conflicting objectives. Methods in Ecology and Evolution. doi: 10.1111/j.2041-210X.2012.00192.x
8. Thompson S.K. (1992) Sampling. Wiley, New York.
9. Van der Meer, J. (1997) Sampling design of monitoring programmes for marine benthos: a comparison between the use of fixed versus randomly selected stations. J. Sea Res. 37: 167-179
10. Krol J. (2014) Wadsedimentatiemetingen Ameland, Engelsmanplaat, Paesens en Schiermonnikoog 2007-2013. Natuurcentrum Ameland.
11. de Jong, B, Michel J.P.M. Riksen, Johan Krol and Pieter A. Slim (2013) EFFECT OF MANAGEMENT ON COASTAL DUNES ON A NORTH SEA BARRIER ISLAND, submitted.
12. Piening H. Piening, J.A. van der Sluijs, H. Kooistra, E. Claassen, B. Valten, R. Hoddenbach (2013) Plan van aanpak voor controle meting Lidar data. NAM
13. W.E. van Duin, P.-W. van Leeuwen & C. Sonneveld (2014) Vegetatie en opslibbing in de Peazemerlannen en het referentiegebied west-Groningen: *Jaarrapport 2013.* IMARES Rapport C026/14
14. van Thienen-Visser K, M Nepveu en J Hettelaar (2012) Deterministische hazard analyse voor geïnduceerde seismiciteit in Nederland. TNO-rapport R10198

Tabel 3: samenvattende tabel met daarin de verschillende monitoringonderdelen en de frequentie waarmee ze worden uitgevoerd.

Gebied	Doel	Meting	Frequentie	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Waddenzee (wadplaten)	Areaal/ wadplaathoogte	Vaklodingen	1x / 6 jaar					X		
Pinkegat & Zoutkamperlaag	Areaal/ wadplaathoogte	LIDAR	2x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Enkele wadplaten	Sedimentatie	Spijkermetingen	5x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Enkele wadplaten	Sedimentatie	Waterpassingen	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Pinkegat & Zoutkamperlaag	Vogelvoer	Bodemdieren	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
HVP's	Piekaantallen/timing	Vogeltellingen	5x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Noordzeekustzone	Morfologische ontwikkeling	Vaklodingen	1x / 3 jaar		X			X		
Waddenzee (Kwelders)	Areaal	Vegetatiekartering	1x / 2 jaar	X		X		X		
Waddenzee (Kwelders)	Kliferosie	TRK-GPS-metingen	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Waddenzee (Kwelders)	Sedimentatie	SEB-metingen	2x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Waddenzee (Kwelders)	Vegetatie opname/kaart	PQ-metingen	1x / 2 jaar	X		X		X		X
Waddenzee (Kwelders)	vlakdekkende kartering	vegetatie en hoogte	1x / 6 jaar	X						X
Lauwersmeergebied bij PQ's	Grondwaterpeil	peilbuisbemonstering	continu	X	X	X	X	X	X	X
Lauwersmeergebied bij PQ's	Grondwaterchemie	peilbuisbemonstering	4x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Lauwersmeergebied bij PQ's	maaiveldhoogte	RTK-GPS metingen	1x / 3 jaar	X			X			X
Lauwersmeergebied PQ's	Vegetatieopname	PQ-metingen	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Lauwersmeergebied PQ's	Organische stof	Steekbuisbemonstering	1x / 3 jaar	X			X			
Lauwersmeergebied transecten	Vegetatie kartering	Transectmetingen	1x / 3 jaar	X			X			
Lauwersmeergebied telgebieden	Broedvogelstand	Vogeltellingen	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Lauwersmeergebied telgebieden	Muizenpopulatie	Vallen	1x / jaar	X	X	X	X	X	X	X
Evaluatie 2de monitoringcyclus										X

Nederlandse Aardoliemaatschappij BV
Assen, 31 maart 2014.

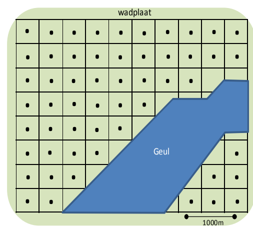
Bijlagen

Bijlage 1, Analysestrategie van het monitoringprogramma voor de wadplaten.
Bijlage 2, Analysestrategie van het monitoringprogramma voor het Lauwersmeerbebied.
Bijlage 3, Verwerking van het advies van de auditcommissie d.d. 5 maart 2014, rapportnummer 2796-83 in het monitoringprogramma 2014-2019.

Bijlage 1: Analysestrategie moitoringprogramma wadplaten.

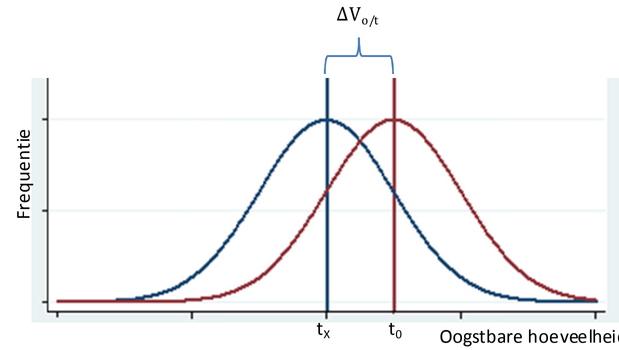
Analysestrategie monitoringprogramma wadplaten

<u>Doel 1</u>: Stel vast of er sprake is van een nadelige ontwikkeling van het instandhoudingsdoel ‘oogstbare hoeveelheid voedsel per tij’ voor verschillende Natura 2000 vogelsoorten in de kombergingen Pinkegat en Zoutkamperlaag.



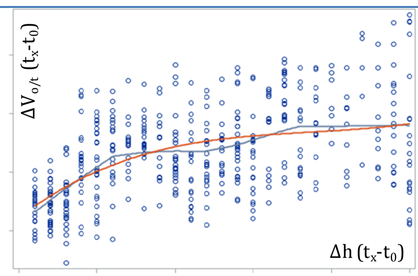
\+

=



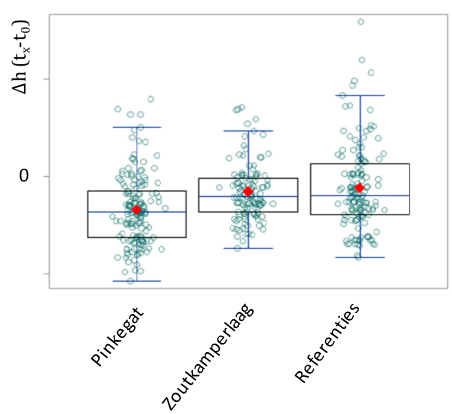
Op basis van veldmetingen (**benthos en LIDAR**) en vogelsoort specifieke kenmerken wordt per gridcel van 500x500 m de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij berekend voor N2000 soorten. Deze variabele wordt in de tijd gevolgd.

<u>Doel 2</u>: Stel vast of de onder doel 1 genoemde nadelige ontwikkeling veroorzaakt wordt door, of gecorreleerd is aan daling van de wadplaathoogte in het gebied.

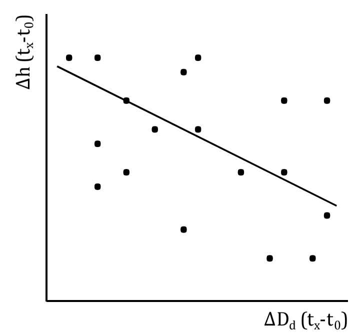


Modelleer de variatie in de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij als functie van de variatie in wadplaathoogte:
$\Delta V_{o/t} = \Delta h$ + ruimtelijke correlatie structuur + ε

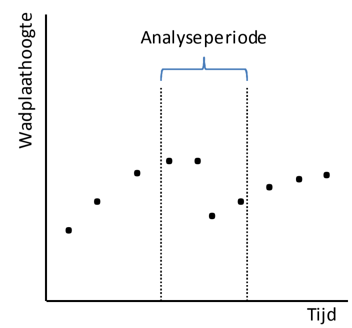
<u>Doel 3</u>: Stel vast of de onder doel 2 genoemde variatie in wadplaathoogte correleert met de mate van diepe bodemdaling. Doe dit door de variatie in wadplaathoogte in Pinkegat en Zoutkamperlaag met andere kombergingen te vergelijken of door binnen deze kombergingen de daling van de wadplaathoogte met de mate van diepe bodemdaling te correleren.



Test of de gemiddelde daling van de wadplaathoogte binnen Pinkegat en Zoutkamperlaag afwijkt van in andere kombergingen in de Waddenzee. Meetpunten kunnen random geselecteerde kwadraten zijn of hoogteklassen. (**LIDAR / Vaklodingen**)



Test of de temporele variatie in wadplaathoogte (Δh) binnen Pinkegat en Zoutkamperlaag ruimtelijk afhangt van de mate van diepe bodemdaling (D_d) onder deze gebieden. **(Waterpassingen en GPS-klusters, of op basis van LIDAR per gridcel)**

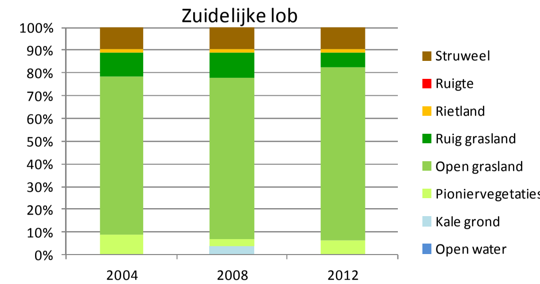


Test of de variatie in wadplaathoogte in de ‘analyse periode’ onder invloed heeft gestaan van een plotselinge gebeurtenis. (**Spijkermetingen**)

Bijlage 2: Analysestrategie moitoringprogramma Lauwersmeergebied.

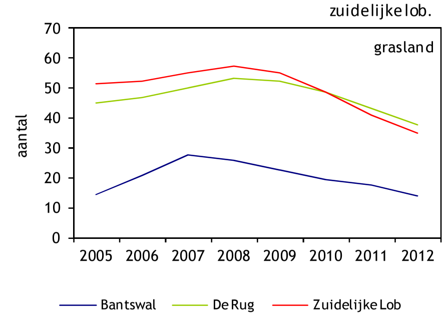
Analysestrategie monitoringprogramma Lauwersmeergebied

Doel 1) Stel vast of er sprake is van een afname van het beschikbaar oppervlak van een **vegetatiestructuurtype**, zijnde het habitat van bepaalde Natura 2000 doelsoorten. Controleer in hoeverre de betreffende Natura 2000 doelsoorten de ontwikkeling in vegetatiestructuur volgen.

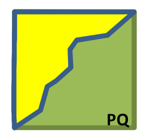


De verhouding tussen het met territoria bezette oppervlak van een bepaalde vegetatiestructuur en het totaal aanwezige areaal geeft inzicht in de mate waarin de variatie in beschikbaar oppervlak invloed heeft/ kan hebben op de populatie-ontwikkeling van de doelsoorten.

Ontwikkeling van met grasland geassocieerde vogelsoorten in drie deelgebieden, waaronder de zuidelijke lob.



Doel 2) Stel vast welke verandering in vegetatie er aan de bovengenoemde verandering in vegetatiestructuurtype ten grondslag ligt. Naast beschikbaar oppervlak zijn ook andere structuurkenmerken van belang zoals de hoogte van de vegetatie en de randlengte van een structuurtype. Zie voorbeeld:

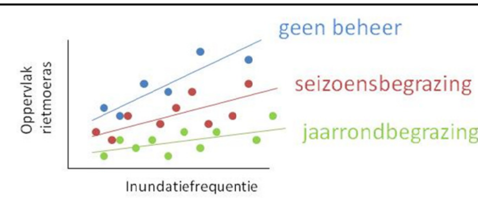


Rietland (geel) en grasland (groen) in gelijke hoeveelheid, maar geringe randlengte

Rietland (geel) en grasland (groen) in gelijke hoeveelheid, maar veel randlengte

Doel 3) Stel vast of de onder 2 gevonden verandering in vegetatie het resultaat is van vernatting of verzilting en wat de rol is van andere variabelen.

Modelleer de ruimtelijke variatie in vegetatie (bv. riet) (Δr) als functie van de verandering in 1) grondwaterpeil (ΔG_p), grondwaterchemie (ΔG_{ch}), bodemchemie (ΔB_{ch}), overstromingfrequentie (ΔO), neerslag (ΔN) en beheer (ΔM) en corrigeer voor ruimtlijke autocorrelatie in de data (Corr)
$\Delta r \sim \Delta G_p + \Delta G_{ch} + \Delta B_{ch} + \Delta O + \Delta N + \Delta M + Corr + \varepsilon$

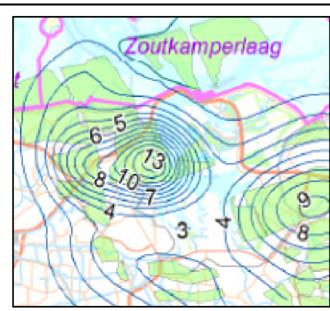


Links: hypothetisch voorbeeld van de invloed van beheer en de inundatiefrequentie op het oppervlak rietmoeras

Doel 4) Stel vast of de vernatting/ verzilting het resultaat is van maaivelddaling of andere variabelen zoals oppervlakte waterstanden en neerslag

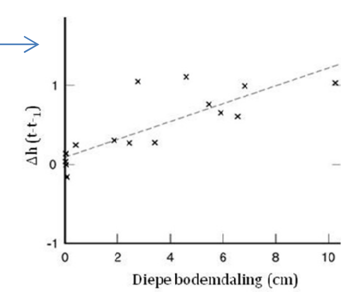
Modelleer de ruimtelijke variatie in vernatting/verzilting (Δw) als functie van de maaivelddaling(Δh) en corrigeer voor ruimtlijke autocorrelatie in de data (Corr).
$\Delta w \sim \Delta h + Corr + \varepsilon$

Doel 5) Stel vast of de maaivelddaling het resultaat is van diepe bodemdaling



Diepe bodemdaling bij de PQ's wordt geschat a.d.h.v. de ruimtelijke interpolatie via geomechanische modellen.

Modelleer de ruimtelijke variatie in maaivelddaling (Δh PQ's) als functie van de diepe bodemdaling (Δd) en corrigeer voor ruimtlijke autocorrelatie in de data (Corr)
$\Delta h \sim \Delta d + Corr + \varepsilon$



Bijlage 3:

Verwerking advies van auditcommisie d.d. 5 maart 2014 rapportnummer 2796-83 in monitoringprogramma 2014-2019

Pagina	Advies	Verwerking in monitoringprogramma 2014-2019
4,5	**Samenvattend oordeel**	
	Algemeen:	
	• Meer aandacht voor wetenschappelijke opzet	In het nieuwe monitoringprogramma is gezorgd voor overlap van metingen in tijd en ruimte, waardoor correlaties tussen variabelen geanalyseerd kunnen worden. Er is in samenwerking met de betrokken onderzoekers een duidelijke analysestrategie opgezet. Voor de wadplaten en Lauwersmeergebied zijn deze tevens schematisch weergegeven in bijlage 1 en 2 van het programma. Ook is samen met de onderzoekers een afgesproken dat er een ecologisch model gebouwd wordt a.d.h. waarvan de variatie in de instandhoudingsdoelen automatisch geanalyseerd wordt. Input voor dit model zijn de benthos en LIDAR data en vogelsoort specifieke parameters. Voor iedere meting en variabele is duidelijk wat de rol daarvan is in de data-analyse.
	• Meer aandacht voor verklaring trendbreuken	In de analyse van het nieuwe programma wordt geen enkele trend afzonderlijk beoordeeld, maar altijd in relatie tot verklarende variabelen. Hoe trends in bijvoorbeeld voedselbeschikbaarheid of vegetatiestructuur geanalyseerd worden is samengevat in bijlagen 1 en 2.
	• Betere overlegstructuur en betere afstemming tussen betrokken onderzoekers	Het overleg met de onderzoekers is geïntensiveerd. Deels door de overlegfrequentie op te voeren en deels door de groep op te splitsen in onderzoekers die zich met de wadplaten, kwelder, en Lauwersmeer bezighouden. De onderzoekers hebben een verantwoordelijkheid in de integratie van de verschillende datasets gekregen. NAM functioneert als aanjager, facilitator en secretaris. We ontvangen positieve reacties van de onderzoekers op de nieuwe overlegstructuur en -intensiteit.
	Bijzondere aandachtspunten zijn:	
	• Lidar metingen en nauwkeurigheden	De ground-truth programma's door FUGRO en de NAM werpen hun vruchten af. Analyse van deze data en de door FUGRO gemaakte LIDAR-opnames door Deltares leidt tot inzicht in de omvang van de meetnauwkeurigheid. NAM organiseert momenteel een workshop met alle bij deze workshop betrokken partijen om tot gezamenlijke conclusies te kunnen komen en eventuele vervolgstappen vast te stellen. Voorlopig wordt parallel aan iedere LIDAR-opname een ground-truth survey uitgevoerd.
	• Bruikbaarheid SIBES onderzoek	Door aanpassing van de binnen SIBES gehanteerde onderzoekvraag zal de bodemdierendata een rol gaan vervullen in het schatten van de variatie in draagkracht voor foeragerende wadvogels in Pinkegat en Zoutkamperlaag. De eerder toegepaste statistische toetsing met beperkte statistische power is daarbij niet meer van toepassing. De SIBES data wordt aangevuld met informatie over de ligging en kwaliteit van de litorale mosselbanken uit de surveys van IMARES. Dit is nodig om het zwaarwegende belang van de mosselbanken als foerageergebied voor een aantal N2000 soorten goed te laten meewegen in de analyses.
	• Bruikbaarheid wadvogeltellingen	Naast de rol die deze tellingen hebben als signaleringparameter hebben de wadvogeltellingen op de HVP's een duidelijke rol in de

	• Verbetering zeggingskracht signaleringsmetingen	analyse gekregen. Hiervoor is het nodig de HVP-tellingen nabij het Peasemerwad rond de najaartrek uit te breiden. De zeggingskracht van de signaleringparameters is sterk verbeterd door het meten op dezelfde ruimtelijke en temporele schalen. Daarnaast is voor een belangrijk deel van de parameters/variabelen de monitoring flink uitgebreid.
8	Aangeven wat de mogelijke gevolgen zijn van aardbevingen door de winning uit de betrokken gasvelden voor het monitoringprogramma	Op basis van een seismische risicoanalyse is er een kans op aardbevingen vanwege onderhavige gaswinning. In het vigerende winningsplan is deze kans beschreven. Aan de hand van nieuwe inzichten kan/zal de kans op aardbevingen worden geactualiseerd. . In het winningsplan beschreven gasvelden worden continu door het KNMI gemonitoord op eventuele aardbevingen met behulp van een aangelegd netwerk van seismische registratie apparatuur. In het kader van dit monitoringprogramma is er geen noodzaak aanvullende monitoring uit te voeren die verband houdt met genoemde mogelijke aardbevingen.
10	Aangeven welke maatregelen ter verbetering van de nauwkeurigheid van de LIDAR metingen worden genomen	Ter controle van de LIDAR-opnames worden ook op de wadplaten zogenaamde ground-truth surveys uitgevoerd. Dit vindt plaats op vier locaties, parallel aan iedere LIDAR-meting (Zie hoofdtekst, pagina 10 en Fig. 5). Wanneer de LIDAR-opnames de gewenste consistentie bereiken kan met de ground truth metingen op het wad worden gestopt.
11	Uitwerken wat de rol van spijkermetingen in het programma is.	Om te bepalen of de variatie in wadplaathoogte het gevolg is van diepe bodemdaling is de snelheid waarmee de verandering optreedt van belang. Onderzocht wordt in hoeverre de variatie in wadplaathoogte proportioneel is met de mate van diepe bodemdaling in dezelfde periode of met het bodemdalingvolume. Plotselinge veranderingen in wadplaathoogte zijn te verwachten als gevolg van gebeurtenissen zoals zware stormen. Spijkermetingen zijn nodig om de temporele variatie in wadplaathoogte op locaties te monitoren. Zie paragraaf 2.1.5 en bijlage 1.
12	Uitwerken van een meet- en analysestrategie voor bodemfauna van de wadplaten. Hierin moet duidelijk worden aangegeven wat de koppeling met overige signaleringparameters inhoud	De parameters die per gridcel (Fig. 3) nodig zijn voor de analyses zijn de wadplaathoogte en de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij. De variabele is een combinatie van een dieet- en seizoenafhankelijk voedselbestand. Dit bestand wordt geschat op basis van locatiespecifieke metingen (bodemfauna en LIDAR) en van vogelsoort-specifieke kenmerken. Daarnaast spelen de geografische ligging, de morfologie van de omgeving en de droogvalduur per monsterpunt een rol in het bepalen van deze parameter. Zie paragraaf 2.1.2 t/m 2.1.4 en bijlage 1.
13	Nagaan of het monitoringsprogramma voor de kwelders moet worden aangepast n.a.v. het gewijzigde beheer aangaande (vernatting /beweiding)	Met de onderzoekers is geconcludeerd dat de beste oplossing voor dit probleem is meerdere referentiekwelders te hanteren. Het idee hierachter is dat geen enkele referentie kwelder volledig representatief zal zijn voor de Peasemerlannen. Voor de hand liggende additionele referentiekwelders zijn de Julianapolder en de Negenboerenpolder. De Julianapolder zijn geen plannen voor toekomstige beweiding. Voor de Negenboerenpolder wel. Van beide kwelders zijn meetreeksen voor vegetatie en sedimentatie opgebouwd. In 2014/15 wordt de bruikbaarheid van deze kwelders geëvalueerd en gerapporteerd.
14	Uitwerken van een alternatieve meet-en analyse strategie voor de watervogeltellingen op de HVP's in de Waddenzee	Vogeltellingen op HVP's in Pinkegat en Zoutkamperlaag spelen een rol in het schatten van de oogstbare hoeveelheid voedsel per tij. Op basis van de vogeltellingen wordt namelijk de foerageerperiode bepaald. Daarnaast kan per vogelsoort, per HVP, de oogstbare hoeveelheid voedsel worden gecorreleerd aan het aantal vogels per periode. Dit leert ons in hoeverre en voor welke soorten het aantal afhangt van de oogstbare hoeveelheid voedsel. Vogelsoorten waarvan de aantallen een sterke correlatie vertonen met de oogstbare hoeveelheid voedsel zijn gevoeliger voor locale nadelige effecten op hun voedselbron."
14	Nagaan of de uitwerking van de broedvogeltellingen op de kwelder bij Peasens de komende jaren zinvol is.	Uit onderzoek blijkt dat diepe bodemdaling onder de Peasemerlannen de komende jaren nog niet gaat bijdragen aan het overstromingrisico van nesten. Er is in 2013 een onderzoek gestart naar de mate waarin het overstromingrisico voor nesten op de

		meetbaar gedaalde kwelder van Ameland is toegenomen. De uitkomst van dit onderzoek wordt verwacht in 2015. Voor vervolgonderzoek van het overstromingrisico op de Peasemerlannen wordt eerst de uitkomsten van dit onderzoek afgewacht. Monitoring van de broedvogelaantallen op de Peasemerlannen wordt door vrijwilligers uitgevoerd en gecoördineerd door SOVON. Aan het eind van deze monitoringcyclus zal de ontwikkeling van de broedvogels op de Peasemerlannen a.d.h.v. trendspotter analyses worden gerapporteerd in relatie tot ontwikkeling in vegetatie en beheer.
15	Aanpassen van de meet- en analyse strategie voor de monitoring in het Lauwersmeergebied, n.a.v. eventuele wijzigingen in het beheer	We hebben bij de uitbreiding van het monitoringprogramma rekening gehouden met het huidige beheer in het gebied. Nieuwe onderzoekplots zijn samen met de beheerder (SBB) vastgesteld. Tevens zijn afspraken gemaakt over het monitoren/ registreren van het beheer en het behouden van bestaande exclosures in het gebied die mogelijk een rol gaan spelen in toekomstige analyses. In de analyses van de ontwikkeling van de vegetatie worden beheer en meerpeil in de analyses meegenomen. De Vegetatiemonitoring zal daarvoor jaarlijks worden uitgevoerd i.p.v. eens per drie jaar.
16 (tabel 1 en 2)	Beperk de analyses van de broed en watervogels in het Lauwersmeergebied tot de soorten waarvoor instandhoudingsdoelstelling gelden.	Voor de analyses is dat zeker de bedoeling. Wel hebben we voor goede analyses en een gedegen discussie ook de andere soorten nodig. Analyses vinden namelijk eerst plaats op het niveau van groepen vogels (bv struweel vs riet broedende vogels, etc.). Vervolgens wordt gekeken hoe de N2000 soort zich binnen de groep gedraagt i.r.t. veranderingen in de vegetatiestructuur. Dit is nodig omdat individuele soorten in de meeste gevallen geen bruikbare datasets opleveren om analyses mee uit te voeren.

Nederlandse Aardoliemaatschappij BV
Assen, 31 maart 2014.